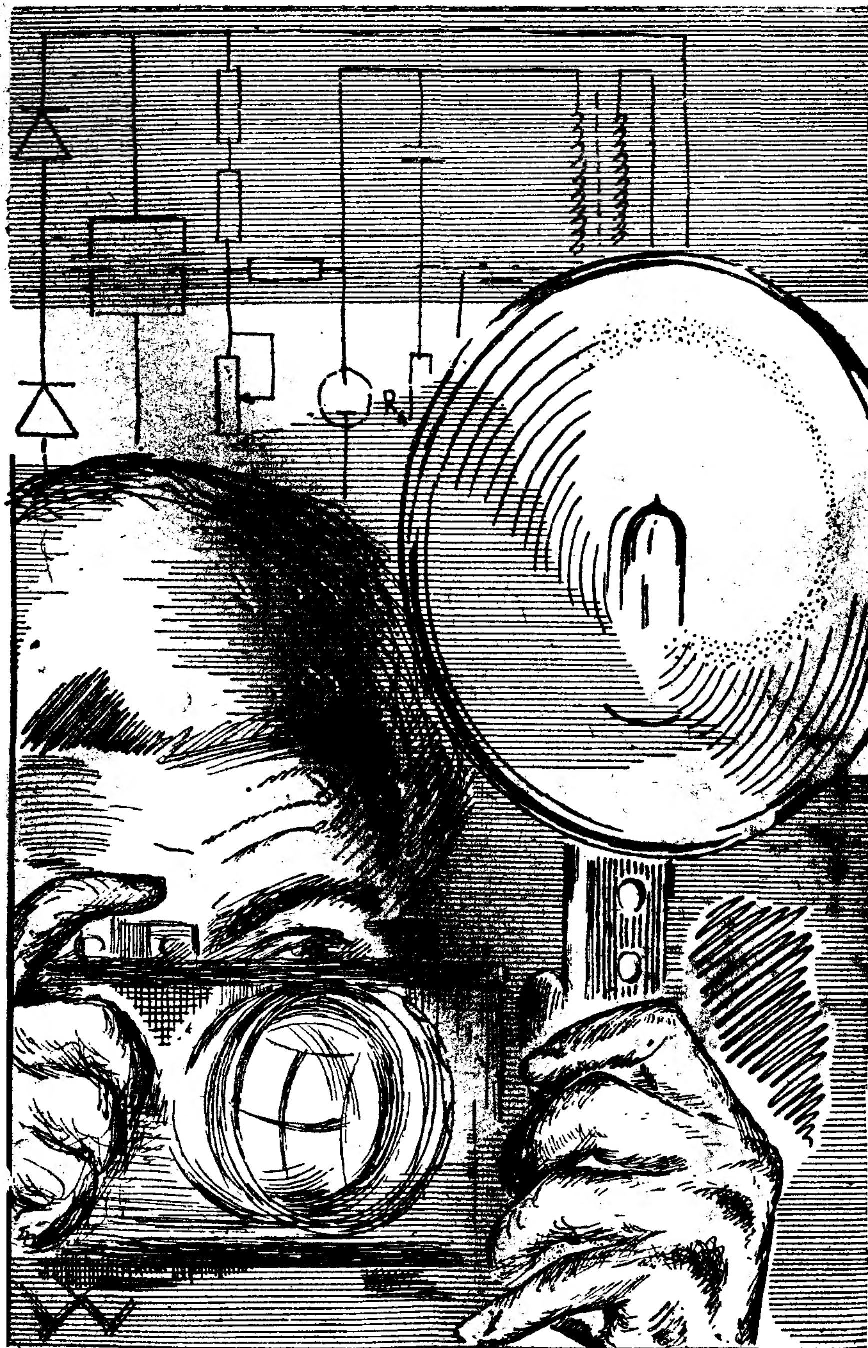
VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM



Электроника для фотолюбителя



ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ВСЕХ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ВСЕХ

Э. БОРНОВОЛОКОВ
Л. СВЕТЛАКОВ

электроника для фотолюбителя

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЗНАНИЕ"
Москва 1963

Предисловие

Несмотря на большой прогресс фотографической техники, достигнутый за последние десятилетия, без применения электронных приборов почти невозможно получить высококачественные фотографии. Трудности возникают на всех ступенях фотографического процесса: при съемке, печати и обработке фотографических материалов.

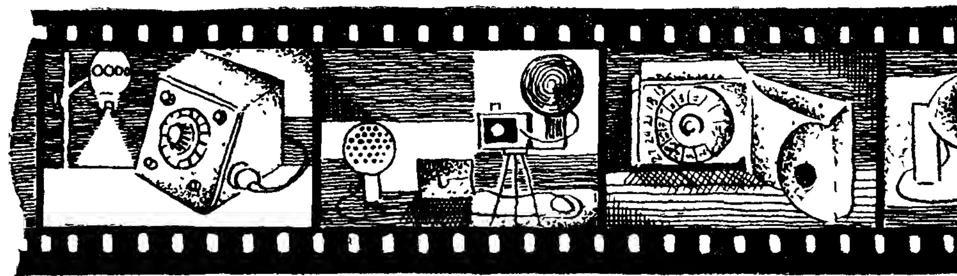
В самом деле, на какую долю сéкунды должен быть открыт затвор фотоаппарата при ярком солнечном свете или в пасмурную погоду, когда освещенности снимаемых объектов отличаются друг от друга в десятки и даже сотни и тысячи раз. Этот вопрос каждый раз возникает у всех фотографов. Для начинающих точно установить время выдержки, или, как говорят, экспозиции, при съемке очень сложно. Вспомните свои первые опыты. Наверно, и у вас не один кадр был испорчен из-за неправильного определения экспозиции. Даже опытные фотографы часто ошибаются, определяя время выдержки на глазок.

А сколько фотографической бумаги с вялыми или слишком черными отпечатками приходится выбрасывать из-за того, что при печати фотографий даже с отличного негатива неправильно была определена выдержка. Как при съемке, проявлении и печати измерять различные промежутки времени? Пользоваться при этом часами не всегда удобно. Как быть?

А что делать, если освещение фотографируемых объектов недостаточно? Применять высокочувствительную пленку? Такая пленка быстро портится, и ее нельзя долго хранить. Где же выход из этого положения?

Электронные приборы безошибочно решают все упомянутые и многие другие вопросы. Так, приборы для определения экспозиции — фотоэкспонометры — позволяют правильно определить выдержку при съемке и печати фотографии. Приборы для отсчета и измерения выдержки — реле времени — дают возможность не только измерять различные интервалы времени, но и включать и выключать в определенные моменты различные устройства. Наконец, импульсные источники света — фотовспышки — могут обеспечить необходимую освещенность фотографируемых объектов.

Наша промышленность выпускает большой ассортимент электронных приборов, предназначенных для фотолюбителей. Они пользуются заслуженным успехом и находят широкое применение. Вместе с тем многие фотолюбители, имеющие некоторый радиолюбительский опыт, сами конструируют различные приборы и внедряют их в фотографическую технику. В этой брошюре описаны такие электронные приборы, разработанные и изготовленные радиолюбителями.



ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Прежде чем приступать к рассмотрению приборов для определения экспозиции, вспомним некоторые основные определения фотографической теории. В раннюю пору фотографии, когда фотослои обладали низкой светочувствительностью, их приходилось подолгу выдерживать под действием света. Очевидно, тогда и появился термин *выдержка*. С того времени техника экспонирования фотослоев сильно изменилась. В наши дни экспонирование ведется при помощи средств, позволяющих изменять величину экспозиции.

Термин *экспозиция* понимается как количество освещения, получаемого светочувствительным материалом при фотографировании. В понятие *количества освещения* входит не только выдержка, но и интенсивность освещения фотослоя — *освещенность* его. Численно величина экспозиции равна произведению освещенности фотослоя на выдержку. Формула экспозиции имеет вид:

$$H = Et,$$

где E — освещенность фотослоя в люксах;
t — выдержка в секундах

Различают два понятия экспозиции — экспозицию *местную* и *общую*.

Под общей экспозицией следует понимать ту, которая относится к объекту в совокупности с величинами выдержки и диафрагмы объектива. Регулировка общей экспозиции посредством выдержки и диафрагмы относится к кадру в целом и в одинаковой количественной мере касается всех его участков. Отсюда условное название экспозиции — общая.

Под местными экспозициями понимаются те, которые относятся к отдельным участкам фотослоя, на которые проецируются отдельные части снимаемого объекта. В тенях изображения они имеют меньшую величину, в светлых частях — наибольшую.

Регулировать местные экспозиции можно, только изменяя местные освещенности объекта, но не выдержкой и не диафрагмой объектива.

Такое разграничение понятий экспозиции необходимо, так как на практике понятия общей и местной экспозиции часто путают.

Следует также отметить, что время экспонирования сильно зависит от светочувствительности применяемых фотоматериалов.

Еще в 1935 году в лаборатории съемочной техники Всесоюзного научно-исследовательского кино-фотоинститута (НИКФИ) были построены первые опытные образцы советских фотоэлектрических экспонометров — приборов для автоматического определения экспозиции при фото- и киносъемке.

В последующие годы наряду с различными опытными моделями были разработаны экспонометр НИКФИ-МКИП типа ЭП-3 и экспонометр ЭП-4. Последний является универсальным контрольно-измерительным прибором, позволяющим наряду с измерениями яркости производить и измерения освещенности снимаемого объекта.

Диапазон измерений экспонометра ЭП-4 очень велик и охватывает все величины яркости или освещенности, с которыми приходится сталкиваться в практике фото- и киносъемок.

Фотоэлектрический экспонометр «Ленинград» типа Ю-11 также обеспечивает возможность определения необходимой выдержки не только по яркости, но и по освещенности объектов.

ФОТОЭКСПОНОМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Измерение освещенности в приборах для определения выдержки может производиться различными светочувствительными датчиками. Определенные преимущества дает использование вакуумных фотоэлементов. Отличительной особенностью их является наличие линейной зависимости между световым

потоком, падающим на фотоэлемент, и током, проходящим через него. Величина фототока не зависит от питающего напряжения и определяется лишь освещенностью и чувствительностью фотоэлемента. Благодаря этому напряжение, выделяемое на нагрузочном сопротивлении, прямо пропорционально величине освещенности, что значительно облегчает расчет и градуировку экспонометров.

Однако чувствительность вакуумных фотоэлементов весьма невысока. Это вынуждает использовать в нагрузках сопротивления до 50—100 *Мом*, а измерения производить с помощью специальных усилительных схем.

В практических конструкциях фотоэкспонометров применяются полупроводниковые фотоэлементы.

Экспонометры, имеющиеся в продаже, очень удобны. Каждый из них содержит чувствительный прибор магнитоэлектрической системы и фотоэлемент с большой рабочей поверхностью. На зажимах фотоэлемента образуется электродвижущая сила, величина которой пропорциональна количеству падающей на него световой энергии. Чем выше освещенность снимаемого объекта, тем больше отклоняется стрелка прибора, подключенного к фотоэлементу. На шкале прибора имеются соответствующие деления, и его стрелка указывает время экспозиции.

Для самостоятельного изготовления такого экспонометра необходимо приобрести чувствительный измерительный прибор и фотоэлемент, что не всегда возможно. Поэтому легче изготовить фотоэкспонометр, использовав два транзистора, батарею напряжением 4, 5 *в* для карманного фонаря и дешевый стрелочный приборчик.

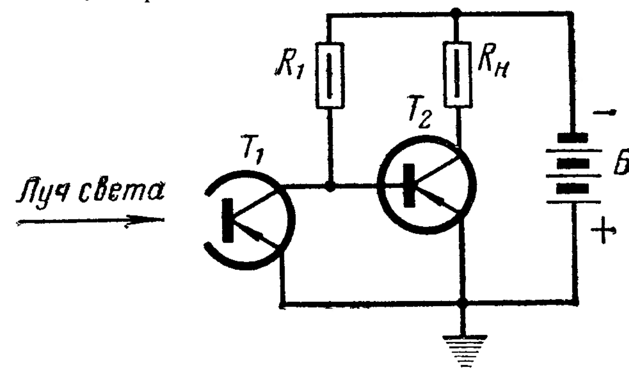


Рис. 1. Схема, поясняющая принцип действия фотоэкспонометра на транзисторах.

Схема, поясняющая принцип действия такого фотоэкспонометра, изображена на рис. 1. Он состоит всего из двух транзисторов, двух сопротивлений и батареи питания. Транзистор

T_1 является элементом, реагирующим на изменение освещенности (фототранзистор). Для этой цели можно взять любой плоскостной транзистор типа П6, П13 и т. п. При отсутствии света сопротивления между коллектором, эммитером и базой имеют определенные значения. Как только свет попадает на кристалл германия, сопротивление коллекторного перехода резко изменяется. Это свойство фототранзистора (устройство его показано на рис. 2) и позволяет построить фотоэкспонометр.

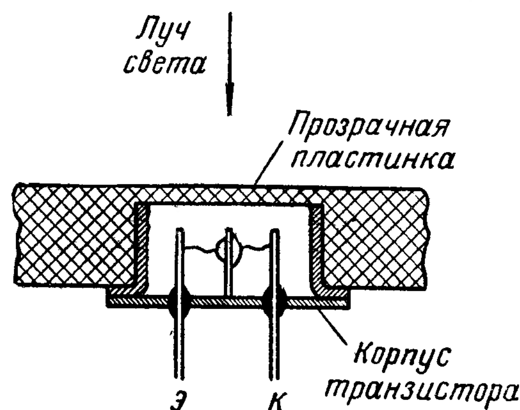


Рис. 2. Фототранзистор.

Верхняя крышка обычного транзистора спилена и заменена прозрачной накладкой из матового органического стекла. Это сделано для защиты от влаги, механических повреждений и лучшего рассеяния света. Для обеспечения герметичности накладку—колпачок из органического стекла — приклеивают к корпусу транзистора или заливают воском или парафином.

При отсутствии света сопротивление переходов фототранзистора измеряется десятками килоом, а сопротивление R_1 подобрано так, что транзистор T_2 открыт. Через нагрузку $R_н$ протекает полный ток. При попадании света на фототранзистор ток начинает протекать через него. Сопротивление его переходов уменьшается. Напряжение на базе транзистора T_2 понижается, он запирается, а нагрузка обесточивается.

В зависимости от освещенности фототранзистора ток в нагрузке изменяется. Если вместо сопротивления нагрузки $R_н$ в цепь коллектора усилительного транзистора T_2 включить стрелочный прибор, то отклонение его стрелки будет пропорционально освещенности переходов фототранзистора.

При отсутствии света через фототранзистор протекает темновой ток, а стрелка миллиамперметра , включенного в коллекторную цепь транзистора T_2, полностью отклоняется. При появлении света стрелка отклоняется меньше, регистрируя ток, соответствующий интенсивности освещения.

Полная схема рассматриваемого фотоэкспонометра приведена на рис. 3. Сопротивление R_2 служит для установки «нуля» — максимального тока через прибор, меняющегося по мере использования батареи. В схеме применен миллиамперметр с током полного отклонения стрелки 5 *ма*. Фотоэкспонометр

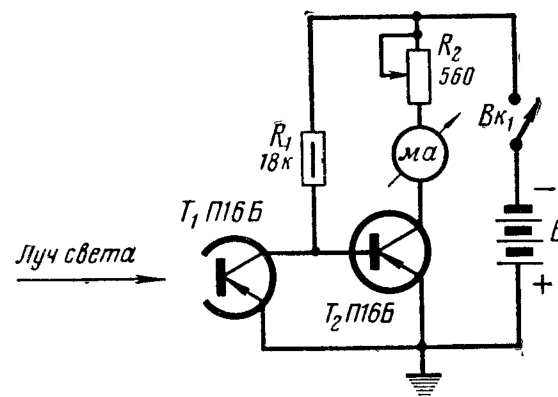


Рис. 3. Схема фотоэкспонометра для съемки.

питается от батареи типа КБС-Л-0,5 или от двух-трех батарей типа ФБС-0,25. Максимальный расход питания 5—6 *ма*. Шкалу прибора следует отградуировать либо в относительных фотометрических величинах, либо в абсолютных, если есть стандартный источник счета.

Градуировка шкалы в относительных единицах производится методом изменения расстояния экспонометра от источника света. Освещенность определяется по формуле

$$E = K\frac{1}{l^2},$$

где K — величина, зависящая от яркости источника света;
l — расстояние поверхности от источника света.

Открытая (без рефлекторов и абажура) лампа накаливания мощностью 100÷150 *вт* устанавливается неподвижно. Пластину фототранзистора закрывают плотным непросвечивающимся материалом и устанавливают прибор на нуль. Затем экспонометр удаляют от лампы на такое расстояние l_1, при котором стрелка прибора займет крайнее правое положение. После этого экспонометр приближают к лампе на расстояние $l_2 = \frac{l_1}{\sqrt{2}}$; $l_3 = \frac{l_1}{\sqrt{3}}$ и т. д., отмечая на шкале положение стрелки. Таким образом, на шкале отмечают выдержки 2-ю, 3-ю, и 4-ю и т. д. бóльшие первой соответственно в 2, 3, 4 и т. д. раз.

ФОТОЭКСПОНОМЕТР ДЛЯ ПЕЧАТИ

Схема экспонометра для фотопечати приведена на рис. 4. Напряжение, падающее на сопротивлениях нагрузки R_3 и R_4, подается на вход усилителя постоянного тока, собранного по

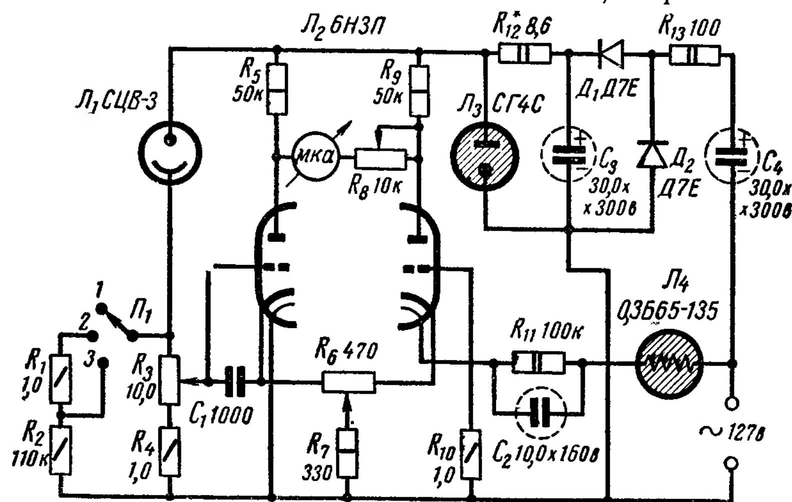


Рис. 4. Схема экспонометра для печати.

мостовой схеме на двойном триоде типа 6Н3П. При затемненном фотоэлементе анодные токи триодов этой лампы равны между собой. Поэтому разность напряжений между анодами равна нулю, и ток через стрелочный прибор не проходит.

Балансировка схемы, то есть установка стрелки прибора на нуль, производится с помощью потенциометра R_6, в некоторых пределах изменяющего напряжение смещения на управляющих сетках триодов. Грубое выравнивание анодных токов при наладке схемы может осуществляться изменением величины сопротивления R_5 или R_9.

Когда на фотоэлемент падает свет, в его цепи появляется ток, и напряжение на управляющей сетке левого (по схеме) триода повышается. При этом анодный ток триода увеличивается, и нарушение баланса схемы устройства приводит к возникновению тока через стрелочный прибор. Величина этого тока пропорциональна напряжению, выделяющемуся на сопротивлениях нагрузки R_3 и R_4, а следовательно, и освещенности фотоэлемента.

Чувствительность всего устройства зависит от величины сопротивлений R_3 и R_4. Шунтируя их сопротивлениями R_1 и R_2, можно расширить диапазон измерений в 10 и 100 раз. Применение в качестве одного из нагрузочных сопротивлений потенциометра R_3 позволяет изменять чувствительность схемы независимо от положения переключателя $П_1$. Потенциометр R_3 используется как корректирующий элемент для учета светочувствительности фотобумаги. Ручка его снабжена шкалой с равномерными делениями от 1 до 10. Потенциометр R_3 выполнен из переменного сопротивления типа СП на 4,7 *Мом*. Для увеличения его сопротивления до 10 *Мом* ширина проводящего слоя на подковке уменьшается примерно до 2 *мм*.

Для получения наибольшей стабильности работы схемы питающие напряжения понижены и стабилизированы. Понижение питающих напряжений позволяет предотвратить появление ионного тока в цепи управляющей сетки левого триода лампы. Стрелочный прибор должен иметь чувствительность порядка 100—200 *мка*.

Проверив правильность показаний прибора при нескольких различных значениях освещенности, можно построить график изменения выдержки и проградуировать шкалу стрелочного прибора непосредственно в единицах времени.

Определение необходимого положения ручки потенциометра R_3 производится после изготовления пробных отпечатков.

При монтаже прибора следует учитывать, что общий «минусовой» провод имеет соединение с одним из проводов электросети. Ввиду этого все металлические детали прибора должны быть надежно изолированы.

ФОТОЭКСПОНОМЕТР С ФОТОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

Использование вакуумного фотоэлемента для определения времени выдержки сопряжено со значительными неудобствами. Фотоэкспонометр с фотосопротивлением значительно проще по схеме и легче в налаживании. На рис. 5 показана схема такого фотоэкспонометра.

Датчиком служит фотосопротивление типа ФС-К1, которое включено в одно из плеч моста. Как известно, фотосопротивление меняет свое сопротивление пропорционально освещенности и имеет почти линейную зависимость тока от приложенного напряжения. В диагональ моста включен микроамперметр типа МС-100 с чувствительностью 100 *мка*. При затемненном сопротивлении ФС-К1 мост балансируется потенциометром R_4. При этом ток через микроамперметр равен нулю. При освещении фотосопротивления его сопротивление уменьшается, что приводит к разбалансировке моста. Через микроамперметр начинает идти ток, величина которого пропорциональна освещенности. По показаниям микроамперметра определяется нужная выдержка.

Питание экспонометра осуществляется от сети через одно-полупериодный выпрямитель на германиевых диодах Д7Е. Фильтром выпрямителя служит сопротивление R_3 и конденсатор C_1. Для стабилизации напряжения включен стабилитрон

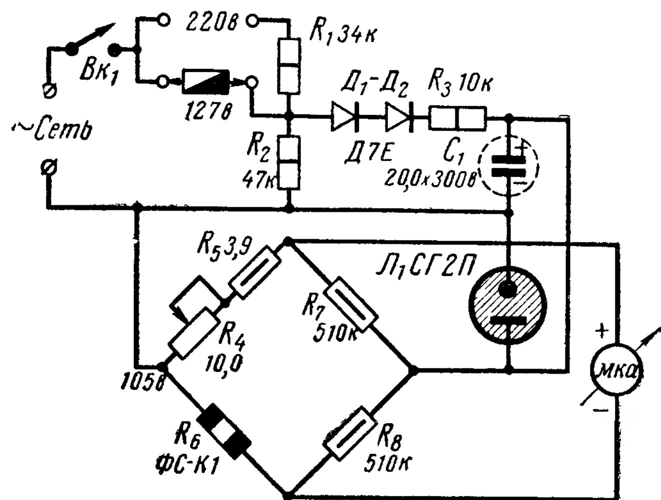


Рис. 5. Схема экспонометра с фотосопротивлением.

СГ-2П, который одновременно служит и индикатором включения прибора в сеть. При использовании сети 220 *в* напряжение на выпрямитель подается с делителя, состоящего из сопротивлений R_1 и R_2. При изменении напряжения с 220 *в* на 127 *в* переключение осуществляется путем перестановки предохранителя в соответствующие гнезда.

Конструктивно прибор выполнен в прямоугольном металлическом корпусе размером 170×110×80 *мм*. С лицевой стороны размещен микроамперметр МС-100. Можно применить и другой микроамперметр с чувствительностью до 500 *мка*. Для увеличения точности отсчета желательно, чтобы шкала прибора имела достаточно большие размеры. С правой стороны корпуса расположена ручка потенциометра R_4 типа СП-2, с левой — выключатель сети $Вк_1$. Все детали прибора смонтированы на монтажной планке и размещены внутри корпуса. Фотосопротивление ФС-К1 расположено на планке из органического стекла и вынесено наружу.

После изготовления прибор должен быть отградуирован Для этого его включают в сеть и при затемненном фотосопротивлении изменением сопротивления R_4 производят балансировку моста. Мост будет сбалансирован, когда стрелка микроамперметра установится на нуль. В увеличитель вставляется

наиболее светлый негатив, и изображение проецируется на столик. Фотосопротивление, подсоединенное к прибору, помещается в наиболее светлое место спроецированного изображения. Определение выдержки производится по наиболее светло-

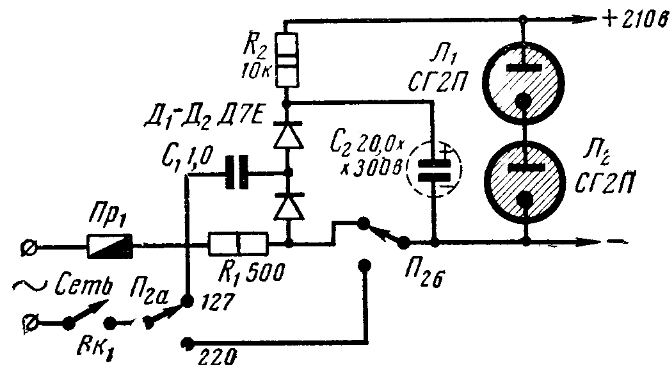


Рис. 6. Схема выпрямителя для питания экспонометра.

му месту в сюжетно важной точке спроецированного изображения. Такой метод определения выдержки позволяет наиболее точно (по максимуму показания прибора) найти необходимую выдержку.

Метод определения выдержки по наиболее темному месту в спроецированном изображениии (по минимуму показания прибора) неприемлем, так как фотосопротивление в данном случае имеет малую чувствительность и плохо реагирует на небольшие изменения яркости.

Изменяя диафрагму объектива, добиваются максимального отклонения стрелки прибора и делают пробный отпечаток. При этом подбирают оптимальную выдержку опытным путем. Полученные результаты записывают. Затем, изменяя диафрагму объектива, добиваются уменьшения показаний микроамперметра до следующего деления и снова делают пробный отпечаток, подбирая опытным путем оптимальную выдержку. То же самое проделывается и с другим сортом и типом фотобумаги, после чего составляется таблица градуировки экспонометра.

Для облегчения определения выдержки при переходе от одного сорта фотобумаги к другому можно воспользоваться относительной сравнительной чувствительностью различных сортов фотобумаги.

«Унибром» — 30,
«Фотобром» — 20,
«Бромпортрет» — 12.

После того как будет составлена градуировочная таблица, экспонометр готов к работе. Так же, как и при составлении таблицы при затемненном фотосопротивлении, балансируется мост. Затем фотосопротивление устанавливается на столик увеличителя в наиболее светлое место проецируемого изображения и по показанию микроамперметра и по градуировочной таблице определяется необходимая выдержка.

При отсутствии микроамперметра на 500 *мка* в данном приборе возможно применение менее чувствительных микроамперметров. Для этого необходимо увеличить постоянное напряжение, подводимое к измерительному мосту. Но здесь следует помнить, что максимальное допустимое падение напряжения на фотосопротивлении ФС-К1 не должно превышать 400 *в*.

Схема выпрямителя, позволяющая применить в два раза менее чувствительный прибор, приведена на рис. 6. При включении в сеть 127 *в* выпрямитель работает по схеме удвоения. При включении в сеть 220 *в* схема работает как однополупериодный выпрямитель. На выходе выпрямителя получается стабилизированное постоянное напряжение 210 *в*.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ФОТОЭКСПОНОМЕТР

Автоматический экспонометр представляет собой как бы совокупность двух отдельных приборов: электронного реле времени[1] и фотоэлектронного экспонометра. Особенностью такого устройства является то, что время выдержки автоматически регулируется в зависимости от освещенности площадки, на которую проецируется изображение. Таким образом, данное электронное устройство определяет общую экспозицию. Поэтому целесообразнее всего такую автоматическую установку применять там, где предполагается фотопечать с однотипных негативов, например при изготовлении фотокопий чертежей или страниц книг и журналов. Однако контрастность любительских фотонегативов, как правило, не очень велика, поэтому при помощи данного автомата можно получить достаточно качественные любительские художественные фотографии.

Схема автоматического экспонометра приведена на рис. 7. При желании устройство можно использовать как обычное реле времени, поставив переключатель $П_2$ в положение «РВ». В этом случае прибор работает следующим образом. Когда контакты пусковой кнопки *ПК* разомкнуты, лампа фотоувеличителя *ЛУ* не горит, так как ток через обмотку электромагнитного реле *Р* не проходит и контакты реле *1* и *2* разомкнуты. При этом катод правого триода лампы 6Н1П оказывается подключенным к одному концу вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$, а управляющая сетка этого триода через один из конденсаторов C_3—C_7 к другому концу этой же обмотки. Благодаря выпрямляющему действию участка сетка-катод правой половины лампы конденсатор (C_3—C_7) заряжается до амплитудного значения напряжения на обмотке трансформатора.

Если теперь нажать пусковую кнопку *ПК*, то напряжение

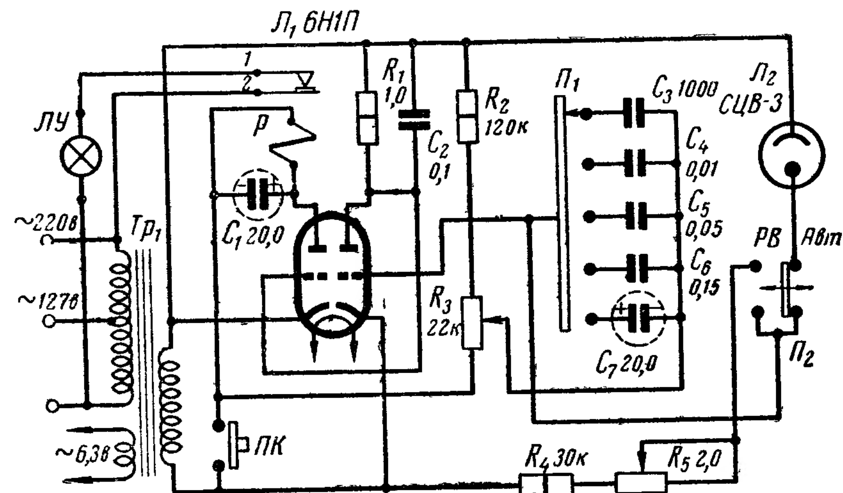


Рис. 7. Схема автоматического экспонометра для печати.

на конденсаторе (C_3—C_7) будет приложено между сеткой и катодом правого триода и запрет его. Поэтому падение напряжения на сопротивлении R_1, то есть смещение на сетку левого триода лампы 6Н1П, будет равно нулю и анодный ток этой половины лампы вызовет срабатывание реле *Р*, которое своими контактами *1* и *2* включит лампу фотоувеличителя *ЛУ*.

По мере разряда конденсатора (C_3—C_7) через сопротивления R_4 и R_5 отрицательное смещение на управляющей сетке правого триода будет уменьшаться. Когда этот триод откроется, появится падение напряжения на сопротивлении R_1, левый триод запрется, реле *Р* обесточится и его контакты *1* и *2* разомкнут цепь лампы фотоувеличителя. В данной схеме выдержка изменяется плавно от 1 до 10 секунд сопротивлением R_5. В некоторых пределах (примерно в два раза) ее можно менять сопротивлением R_3.

При автоматической фотопечати (переключатель $П_2$ в положении «Авт») вместо сопротивлений R_4, R_5 включается фо-

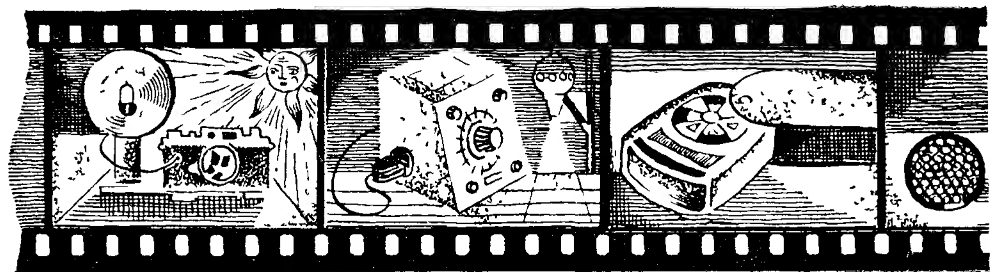
[1] Более подробно реле времени описаны в следующей главе.

тоэлемент $Л_2$ типа СЦВ-3. Фотоэлемент помещается в небольшом софите и располагается на тубусе фотоувеличителя. Он должен быть направлен непосредственно на освещенный лист фотобумаги При другом расположении фотоэлемента световой поток на него может быть направлен за счет отражения от стеклянной призмы или пластинки. Скорость разряда конденсатора (C_3—C_7) определяется в этом случае величиной разрядного тока, протекающего через фотоэлемент, который, в свою очередь, зависит только от освещенности самого фотоэлемента. Поэтому в конечном счете время разряда конденсатора и время выдержки определяются освещенностью фотоэлемента.

Чтобы зависимость между выдержкой и освещенностью была линейной, следует применять только вакуумные фото элементы, так как у них фототок не зависит от величины приложенного напряжения.

В данной установке предусмотрена возможность корректировки выдержки в зависимости от сорта фотобумаги. Она осуществляется при помощи переключателя $П_1$. Корректировка же выдержки в зависимости от характера негатива производится сопротивлением R_3.

В установке используется электромеханическое реле типа РСМ-2. Остальные данные прибора приведены на схеме.



ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТСЧЕТА ВЫДЕРЖКИ

ПРИНЦИП РАБОТЫ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

В настоящее время для автоматического отсчета выдержки с успехом используются электромагнитные реле времени, реле времени с часовым механизмом, электронные и другие.

Для получения выдержек времени у электромагнитных реле используется явление замедленного спадения магнитного потока после прекращения питания его обмотки. Они отличаются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, пригодностью для длительной работы с большим числом срабатываний. Перечисленные свойства электромагнитных реле времени способствовали значительному распространению их в различных схемах автоматических устройств. Недостаток таких реле — сравнительно малая выдержка времени, что ограничивает их применение для фотопечати.

Реле времени с часовым механизмом обладают высокой точностью, они достаточно просты по устройству.

Фотолюбители широко применяют электронные реле времени, представляющие собой сравнительно несложные устройства, доступные для самостоятельного изготовления Они удобны при печати и при репродукционных съемках.

Действие электронных реле времени основано на принципе накопления энергии на реактивных элементах (конденсаторе или катушке индуктивности) схемы. При подключении таких элементов к источнику постоянного тока через активное сопротивление энергия на них не может возрасти мгновенно: она накапливается постепенно в течение некоторого отрезка времени. Это время определяется соотношением между величинами активных и реактивных элементов электрической цепи и напряжением источника питания.

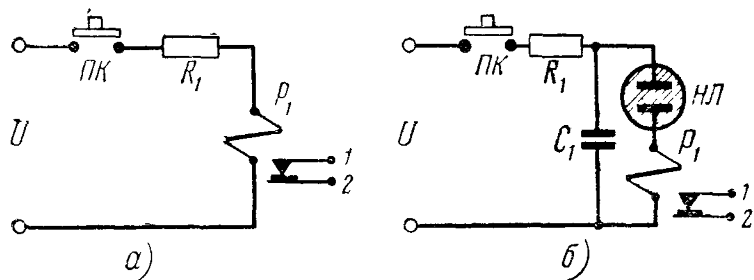


Рис. 8. Упрощенные схемы реле времени.

Так, при подключении катушки индуктивности к источнику постоянного напряжения через активное сопротивление ток в цепи не может возрасти мгновенно. Нарастание электрического тока происходит по определенному закону во времени. Если в качестве катушки индуктивности в электрическую цепь включить обмотку электромеханического реле P_1 (рис. 8, *а*), обладающего определенным током срабатывания, то при достижении тока, равного току срабатывания реле, его контакты осуществят необходимое переключение. Изменяя величину активного сопротивления R_1, можно в необходимых пределах изменять время нарастания тока до срабатывания электромагнитного реле. Следовательно, ток, проходящий через катушку индуктивности, может служить мерой времени экспонирования, если контакты электромеханического реле в момент срабатывания будут выключать лампу фотоувеличителя.

Если электрическая цепь содержит конденсатор C_1 и сопротивление R_1, то при подключении к этой цепи источника постоянного тока U напряжение на конденсаторе также будет нарастать постепенно. Это напряжение может тоже служить мерой выдержки времени, если дополнительно к электрической цепи подключить прибор, реагирующий на определенную, наперед заданную величину напряжения. Такими приборами могут быть неоновая лампа, какой-либо другой газоразрядный прибор или электронная лампа.

Упрощенная схема электронного реле времени с накопительной емкостью показана на рис. 8, *б*. Известно, что газоразрядный прибор или электронная лампа могут проводить электрический ток только в том случае, если напряжение на их электродах будет равно или превысит некоторое пороговое значение $U_п$, называемое обычно напряжением реагирования. Поэтому при достижении напряжения на накопительном конденсаторе C_1, равного пороговому, электронный прибор *НЛ* начнет проводить электрический ток и замкнет цепь питания обмотки электромеханического реле P_1. При срабатывании реле его контакты осуществят соответствующее переключение лампы фотоувеличителя.

Таким образом, в электронных реле времени с накопительной катушкой индуктивности необходимо фиксировать момент достижения электрическим током заданной величины, а в реле времени с накопительной емкостью — момент достижения определенного напряжения на конденсаторе. Фиксирование величины электрического тока в катушке индуктивности приводит к большим погрешностям при необходимости точного повторения заданной выдержки при фотопечати. Кроме того, для получения относительно больших выдержек времени в устройстве, выполненном по этой схеме, требуется достаточно большая величина сопротивления R_1, а следовательно, для получения тока срабатывания реле необходим источник питания с высоким напряжением. Поэтому широкое распространение получили электронные реле времени с накопительными конденсаторами.

Наиболее простыми схемами реле времени с накопительными конденсаторами являются схемы с газоразрядными приборами. Преимущество таких реле — немедленная готовность к работе после их включения, так как они не имеют электронных ламп, требующих разогрева нитей накала. По этой же причине реле времени с газоразрядными приборами более экономичны и просты в эксплуатации.

Электронные реле такого вида могут быть выполнены из типовых и простых деталей и материалов.

Сравнительно низкая стабильность, необходимость применения чувствительного электромеханического реле и зарядного конденсатора большой емкости — основные недостатки реле времени с газоразрядными приборами. Причем емкость конденсантора должна быть тем больше, чем грубее электромагнитное реле и чем меньше разность между потенциалами зажигания и погасания газоразрядного прибора.

В таких схемах скорость нарастания напряжения на конденсаторе при постоянном напряжении источника питания U определяется произведением R_1C_1 (рис. 8, *б*). Это произведение называется постоянной времени зарядной цепи и обычно обозначается буквой τ. Время выдержки прямо пропорционально величине τ. Увеличение произведения R_1C_1 вызывает такое же увеличение выдержки.

Для выбора величин сопротивления R_1 и конденсатора C_1 необходимо учитывать следующее. Если требуется получить относительно большое время выдержки, то нужно увеличить произведение R_1C_1. Однако величина зарядного сопротивления R_1 ограничивается пределами 10—15 *Мом*. Это объясняется тем, что всегда имеются утечки в монтаже и особенно в конденсаторе. Причем, сопротивление этих утечек становится соизмеримым с величиной зарядного сопротивления R_1. Дальнейшее увеличение сопротивления R_1 приведет к недопустимым погрешностям времени экспонирования.

Вследствие этого в схемах электронных реле времени желательно применять конденсаторы с малыми утечками. Такими конденсаторами являются металлобумажные, слюдяные, пленочные и т. д. Электролитические конденсаторы с относительно небольшим сопротивлением изоляции можно применять только для малостабильных реле времени.

Чем выше рабочее напряжение конденсатора, тем лучше его изоляция и тем меньше утечки. Утечка конденсаторов возрастает также с увеличением их емкости, поэтому емкость конденсаторов для подобных схем выбирается не больше 30—40 *мкф*. Кроме того, необходимо помнить, что при неизменной величине постоянной времени τ стабильность работы схемы электронного реле, то есть точность отсчета выдержки, определяется стабильностью напряжений U и $U_п$, поэтому к источникам питания таких устройств предъявляются определенные требования.

Изготовлять электронное реле времени только на одну фиксированную величину выдержки, очевидно, не имеет смысла, так как в процессе фотопечати приходится иметь дело с негативами различной плотности, контрастности и разными сортами фотобумаги, требующими в каждом конкретном случае своего определенного времени экспонирования.

Для изменения выдержки при фотопечати с электронным реле времени целесообразно изготовлять электронные устройства с возможностью регулировки времени экспонирования в достаточно широких пределах. Производить эту регулировку можно изменением напряжения источника питания и постоянной времени цепи заряда конденсатора τ. Причем совершенно неважно, будем ли мы изменять величину сопротивления R_1, оставляя постоянной емкость конденсатора C_1, или, наоборот, изменять емкость конденсатора C_1, оставляя постоянной величину сопротивления R_1. Обычно используют две регулировки: плавную и грубую. Для осуществления плавной регулировки выдержки применяют одно переменное сопротивление. Необходимо отметить, что если время экспонирования изменять при помощи переменного сопротивления с линейной зависимостью величины R_1 от угла поворота движка потенциометра, то получается линейная шкала выдержек, удобная при эксплуатации таких приборов. При замене плавного регулирования ступенчатым можно легко получить реле с фиксированными выдержками времени.

Грубую регулировку производят путем переключения группы конденсаторов или сопротивлений различной величины. Применение переключателей при ступенчатой регулировке позволяет также сделать реле с несколькими поддиапазонами выдержек времени. Переменное сопротивление в этом случае будет регулировать выдержку времени в пределах каждого поддиапазона, а сам поддиапазон выбирается при помощи переключателя.

Различные практические конструкции реле времени на газоразрядных приборах отличаются в основном типами примененных газоразрядных приборов, количеством электромеханических реле, способами запуска и возврата схемы в исходное состояние.

Основными параметрами газоразрядных приборов с точки зрения применения их в реле времени являются величина потенциала зажигания (порогового напряжения $U_п$, потенциала погасания U_0 и максимально допустимый ток).

Значение порогового напряжения $U_п$ определяет в основном время выдержки реле времени. Нужно отметить, что это напряжение для газоразрядного прибора изменяется на $\pm 5\%$. После формовки газоразрядного прибора постоянным напряжением эти изменения можно значительно уменьшить. Формовка заключается в том, что газоразрядный прибор через ограничительное сопротивление подключают к источнику постоянного напряжения, большего, чем пороговое, на 70—80 часов.

Большое значение имеет разность потенциалов зажигания и погасания газоразрядного прибора. Чем больше эта разность, тем длительнее будет идти разрядный ток конденсатора через обмотку электромагнитного реле (при одной и той же емкости конденсатора). Максимальное значение этого тока определяется потенциалом зажигания и сопротивлением обмотки реле. Чем выше потенциал зажигания и меньше сопротивление обмотки, тем больше разрядный ток, тем грубее может быть применено электромеханическое реле. Поскольку ток разряда протекает в течение очень небольшого времени, то он может в десятки раз превышать нормальное значение тока через газоразрядный прибор без опасности его разрушения.

В реле времени на газоразрядных приборах применяются стандартные нейтральные или поляризованные электромагнитные реле постоянного тока. Желательно применять возможно более чувствительные реле, с током срабатывания не более 10—15 *ма*.

Применение электронных ламп позволяет создать более

совершенные реле времени, чем реле с газоразрядными приборами. У ламповых реле времени больший диапазон выдержек; они более стабильны, в них можно применять менее чувствительные электромагнитные реле и конденсаторы малой емкости.

Наличие нити накала у ламп усложняет реле времени, так как при питании от сети переменного тока приходится применять трансформаторы или добавочные сопротивления, а при питании от батарей иметь отдельные батареи накала.

Ламповые реле времени применяются там, где требуется высокая точность отсчета времени экспонирования. Они позволяют конструировать также реле времени с автоматической установкой выдержек при фотопечати.

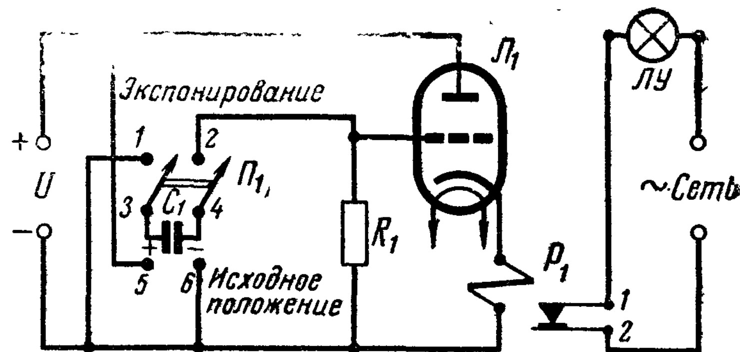


Рис. 9. Реле времени на электронной лампе.

Роль исполнительных механизмов в ламповых реле времени выполняют стандартные электромагнитные реле массового производства, например, нейтральные реле типов КДР, РКМ, РСМ или поляризованные реле типов РП-4, ТРМ и т. д.

Необходимо заметить, что экспозиция в реле времени с электронными лампами, как правило, происходит в процессе разряда конденсатора, в то время как в реле времени с газоразрядными приборами она происходит в процессе заряда конденсатора. Рассмотрим принцип действия такого реле времени на примере принципиальной схемы, приведенной на рис. 9.

В исходном состоянии схемы через переключатель $П_1$ конденсатор C_1 подключен к источнику анодного питания и заряжен до напряжения U. Электронная лампа $Л_1$ проводит ток, так как на ее управляющей сетке имеется нулевой потенциал. Контакты реле $P_1 1—2$ разомкнуты и лампа фотоувеличителя выключена.

Известно, что анодный ток лампы зависит от напряжения на сетке и равен нулю, если это напряжение ниже потенциала запирания. Поэтому в момент экспозиции переключатель $П_1$ ставится в верхнее (на рисунке) положение; конденсатор C_1 подключается к электронной лампе таким образом, что напряжение на его обкладках приложено к управляющей сетке минусом. Анодный ток через лампу прекращается, и контакты электромагнитного реле включают лампу фотоувеличителя. Конденсатор C_1 разряжается на сопротивление R_1. Как только напряжение на конденсаторе станет выше потенциала запирания, электронная лампа открывается и контакты электромеханического реле выключают лампу фотоувеличителя.

Нестабильность выдержки реле времени на электронных лампах объясняется непостоянством питающих напряжений, изменением параметров ламп и электромагнитных реле со временем, а также влиянием дестабилизирующих факторов разного рода.

Питание реле времени может быть осуществлено непосредственно от сети переменного тока (без выпрямителя). Анодный ток через лампу будет протекать в этом случае только во время положительного полупериода анодного напряжения. Реле будет реагировать на действующее значение этого тока, но его контакты будут вибрировать и обгорать. Включение шунтирующего конденсатора параллельно обмотке реле емкостью 5—10 *мкф* позволяет устранить вибрацию якоря. Заряжаясь во время положительного полупериода, конденсатор поддерживает напряжение на реле практически постоянным.

С целью повышения стабильности ламповых реле времени пороговое напряжение желательно выбирать на крутом участке разрядной кривой конденсатора, то есть реле должно срабатывать при достаточно больших отрицательных напряжениях на управляющей сетке лампы. Однако это требует применения чувствительных электромагнитных реле или увеличения числа ламп.

Высокой стабильностью обладают схемы реле времени, у которых напряжение на конденсаторе возрастает по линейному закону. Это возможно при заряде конденсатора постоянным по величине током. Применение таких схем эквивалентно либо увеличению постоянной времени зарядной цепи, либо заряду от источника с напряжением, много большим напряжения питания. В обоих случаях это дает линейное нарастание напряжения на конденсаторе. Одним из наиболее показательных примеров эквивалентного увеличения емкости может служить применение так называемой интегрирующей схемы. Основная схема такого типа приведена на рис. 10. Включение конденсатора C_1 между анодом и управляющей сеткой лампы $Л_1$ создает отрицательную обратную связь. Как известно, это эквивалентно включению между управляющей сеткой и ка-

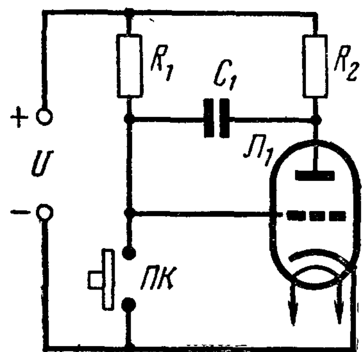


Рис. 10. Схема интегрирующего реле времени.

тодом лампы $Л_1$ емкости $C_э$, определяемой по формуле:

$$C_э = C_1(1 + K),$$

где K — коэффициент усиления каскада.

Емкость $C_э$ практически много больше емкости конденсатора C_1. Например, при $C_1 = 1$ *мкф* и $K = 100$, емкость $C_э = 101$ *мкф*.

Основное преимущество таких схем реле времени в том, что при небольших значениях сопротивления R_1 и конденсатора C_1 зарядной цепи получаются длительные и стабильные выдержки.

Выше отмечалось, что реле времени с газоразрядными приборами имеют достаточно низкую стабильность и не всегда могут быть использованы для качественной фотопечати. Получившие большое распространение реле времени с электронными лампами свободны от многих недостатков, но существенным неудобством их применения является то, что они требуют предварительного прогрева ламп и должны быть постоянно подключены к источнику питания. Кроме того, некоторые типы электронных реле времени (РВЗ-4, ЭРВ-60) имеют большое время возврата в исходное состояние, доходящее до 7 *сек*.

Тиратронные реле времени лишены этих недостатков. Они просты, дешевы и надежны в работе, срок службы их определяется износоустойчивостью выходного электромеханического реле и может достигать нескольких миллионов включений. Продолжительность включения тиратрона незначительна и определяется временем, необходимым для срабатывания электромагнитного реле, поэтому он может работать без замены длительное время.

Применение тиратрона с холодным катодом позволяет иметь реле времени всегда готовым к действию. Тиратронные реле времени допускают очень большую частоту включений —

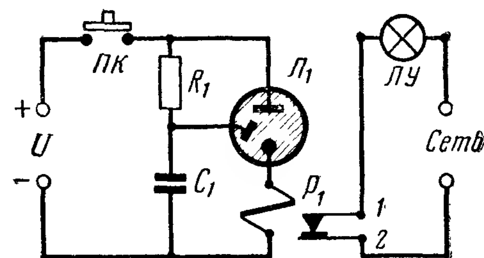


Рис. 11. Реле времени на тиратроне.

до 10 раз в секунду. Потребляемая мощность таких реле не превышает 5—7 *ва*.

Питание анодной цепи тиратрона почти во всех случаях осуществляется непосредственно от сети переменного тока. Стабильность тиратронных реле времени обычно несколько ниже стабильности реле времени на электронных лампах, но она вполне достаточна для большинства практических применений. Меньшая стабильность объясняется тем, что даже при неизменных анодном и накальном напряжениях зажигание тиратрона происходит при различных напряжениях на его пусковом электроде (пусковая характеристика тиратрона представляет собой не линию, а некоторую область, называемую пусковой областью тиратрона).

Все сказанное ранее о выборе сопротивления и конденсатора зарядной цепи полностью относится и к реле времени на тиратронах.

При выборе электромагнитного реле следует иметь в виду, что величина тока через проводящий тиратрон не зависит от напряжения на его пусковом электроде, а определяется напряжением питания и сопротивлением в анодной цепи. Поэтому возможно применение электромеханических реле с током срабатывания до 50—100 *ма*.

Рассмотрим принцип действия такого устройства. На рис. 11 приведена принципиальная схема тиратронного реле времени. При замыкании пусковой кнопки *ПК* напряжение источника питания U подается на зарядную цепь R_1C_1 и на анод тиратрона с холодным катодом $Л_1$. Нарастание напряжения на конденсаторе происходит по такому же закону, как и в реле времени с газоразрядными приборами.

Тиратрон с холодным катодом может загореться только тогда, когда напряжение на его пусковом электроде, определяемое некоторым пороговым напряжением $U_п$ на конденсаторе, достигает потенциала зажигания. Загораясь, тиратрон пропускает ток в анодной цепи и по обмотке электромехани-

ческого реле P_1. Реле P_1, срабатывая, включает своими контактами цепь лампы фотоувеличителя.

Время, необходимое для заряда конденсатора C_1 до напряжения зажигания тиратрона, то есть выдержка времени такого устройства, как и в других схемах с зарядной емкостью, зависит от постоянной времени цепи $R_1C_1=\tau$, а также от соотношений напряжений U и $U_п$.

Точность работы тиратронного реле времени зависит от степени колебания напряжения источника тока U, изменения напряжения зажигания тиратрона $U_п$ и величин R_1 и C_1.

Использование в реле времени стабилизированного источника тока уменьшает колебание напряжения U на зарядной цепочке R_1C_1 до 1—2% при колебаниях напряжения сети в пределах 0,8—1,1 от номинального.

Необходимо помнить, что напряжение зажигания тиратрона с холодным катодом зависит от температуры окружающей среды, при изменении которой на 10° потенциал зажигания изменяется приблизительно на 1%.

Изменение постоянной времени зарядной цепи R_1C_1 вследствие старения деталей и колебаний температуры окружающей среды может быть компенсировано правильным выбором элементов цепи. Допустим, что сопротивление R_1 изменилось на величину ΔR, а емкость конденсатора C_1 — на величину ΔC. Тогда относительное изменение выдержки времени η может быть определено по формуле:

$$\eta = 1 \pm \frac{\Delta R}{R_1} \pm \frac{\Delta C}{C_1}.$$

Из этого выражения видно, что максимальная ошибка получается в том случае, когда изменения величин R_1 и C_1 будут одного знака.

На точность работы реле времени влияет и изменение температуры окружающей среды, так как при повышении температуры уменьшается сопротивление изоляции конденсатора (сопротивление утечки).

Таким образом, с ростом температуры окружающей среды погрешность реле времени резко возрастает. Так, малогабаритные металлобумажные конденсаторы типа МБГ-П пригодны только для работы при температурах до +35°. При дальнейшем увеличении температуры сопротивление изоляции резко падает, и выдержка времени тиратронного реле значительно возрастает.

Правильным выбором конденсатора и применением сопротивления, изменение которого с температурой окружающей среды могло бы компенсировать изменение емкости конденсатора и его сопротивления изоляции, можно значительно уменьшить погрешность работы реле времени.

В практике фотолюбительства реле работают в условиях,

когда выдержка времени в процессе работы может регулироваться. В таких случаях под разбросом выдержки времени подразумевается отклонение ее от установленной, появляющееся между очередными регулировками. Точность работы тиратронных реле времени при этих условиях значительно повышается, так как появляющиеся в течение длительного времени эксплуатации изменения величин сопротивления, емкости конденсатора, характеристик стабилизатора и тиратрона могут быть скомпенсированы изменением положения регулятора выдержки времени.

Приведенные соображения позволяют отказаться от специального подбора элементов цепи R_1C_1 и при изготовлении тиратронных реле времени применять обычные конденсаторы и сопротивления. Этим самым значительно упрощается и удешевляется изготовление таких устройств.

Выше отмечалось, что в электронных реле времени с зарядным конденсатором величина времени экспонирования может регулироваться изменением постоянной времени цепи R_1C_1. Изменением величин R_1C_1, казалось бы, можно получить любую выдержку времени. Однако это не совсем так. Нижний предел выдержек ограничивается временем срабатывания выходного электромеханического реле, равным обычно 0,05—0,1 *сек*. Верхний предел ограничивается сопротивлением утечек конденсатора и монтажа схемы, причем в этом случае собственная постоянная времени конденсатора начинает играть решающую роль. Поэтому нецелесообразно изготовлять реле времени с электронными лампами с выдержкой более 3—5 *мин*.

В тиратронном реле времени можно изменять в широких пределах не только верхнюю границу диапазона выдержек, но и нижнюю. Например, можно выполнить реле с диапазоном выдержек от 10 до 11 *сек*. Такая растяжка требуемого участка диапазона выдержек на всю шкалу очень удобна, когда желательна точная регулировка времени экспонирования.

Помимо рассмотренных электронных реле времени с накопительным конденсатором могут быть изготовлены устройства с быстродействующими магнитными усилителями.

Быстродействующие магнитные усилители позволяют получить реле времени без применения каких-либо вакуумных приборов. Принцип работы магнитного усилителя можно понять из рис. 12. Он состоит из дросселя $Др_1$, сердечник которого имеет кривую намагничивания, близкую по форме к прямоугольной, двух выпрямителей $Д_1$ и $Д_2$, сопротивления нагрузки $Z_н$ и ограничительного сопротивления R_1. К усилителю приложено переменное напряжение U и управляющее напряжение $U_у$. Выпрямители $Д_1$ и $Д_2$ включены таким образом, что цепь нагрузки и цепь управления воздействуют на сердечник в разные полупериоды напряжения сети.

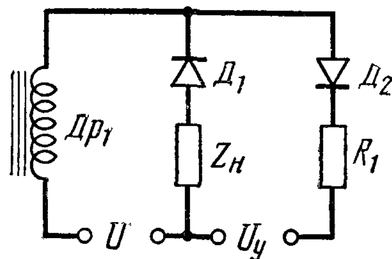


Рис. 12. Схема магнитного усилителя.

При отсутствии управляющего напряжения сердечник периодически перемагничивается.

Если величина переменного напряжения U выбрана так, что максимальная индукция не превосходит индукции насыщения, в обеих цепях наблюдается небольшой, так называемый коэрцитивный ток.

При введении управляющего напряжения $U_у$ симметрия воздействия цепей нарушается: намагничивающее действие цепи нагрузки оказывается больше размагничивающего действия цепи управления. В результате в некоторый момент очередного рабочего цикла (полупериода) сердечник насыщается, индуктивность дросселя падает до нуля и все напряжение U прикладывается к нагрузке, вызывая в ней ток. Если в качестве нагрузки подключить обмотку электромеханического реле, то оно сработает и произведет необходимое переключение.

На рис. 13 показана возможная схема реле времени, содержащая дроссель $Др_1$, зарядную цепь $R_4^*C_1$, электромагнитное реле P_1, выпрямители, сопротивления и пусковую кнопку $ПК$. Реле времени питается от переменных напряжений U и $U_у$. Схема работает следующим образом. При отпущенной кнопке $ПК$ конденсатор C_1 заряжается через диод $Д_2$ до напряжения $U_с = U + U_у$, дроссель $Др_1$ усилителя подмагничивается до индукции насыщения через диод $Д_1$ и сопротивление R_2.

После нажатия кнопки $ПК$ сразу же включается реле P_1 и переключает конденсатор C_1 на разряд через сопротивление R_1, напряжение на конденсаторе C_1 блокирует цепь управления, предотвращая перемагничивание сердечника. В это время реле P_1 находится в притянутом положении. По мере разряда конденсатора C_1 цепь управления деблокируется и среднее значение тока через катушку реле P_1 падает. После того как ток уменьшится до величины тока отпускания, реле P_1 отключается.

Нужно помнить, что пусковая кнопка $ПК$ во время выдержки должна быть нажата, так как при отпускании кнопки выдержка прекращается и схема приходит в первоначальное состояние.

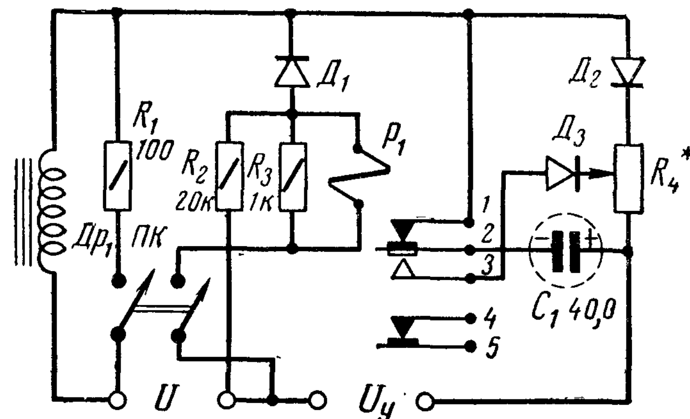


Рис. 13. Реле времени с магнитным усилителем.

Напряжение $U_у$ позволяет увеличить сопротивление R_4^* и напряжение на конденсаторе C_1, что дает возможность увеличить выдержку и уменьшить емкость конденсатора C_1. Диод $Д_3$ позволяет исключить возможность подзаряда конденсатора C_1 напряжением на сопротивлении R_4^*, что могло бы привести к бесконечной выдержке.

Дроссель $Др_1$ имеет тороидальный сердечник из пермалоя марки Н-65-П сечением 1,92 *см*² и содержит 300 витков провода ПЭЛБО 0,31 *мм*. При изменении сопротивления R_4^* в пределах от 0,4 до 127 *ком* выдержка меняется от 0,1 до 6 *сек*. Остальные данные схемы приведены на рис. 13.

Выше отмечалось, что электронные реле времени могут быть выполнены на различных элементах. Такие реле обладают рядом преимуществ и недостатков. Ниже рассмотрены некоторые конкретные схемы самодельных реле, получивших наиболее широкое распространение среди фотолюбителей.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С НЕОНОВОЙ ЛАМПОЙ

Схема простого реле времени с неоновой лампой приведена на рис. 14. При замыкании пусковой кнопки $ПК$ срабатывает реле P_1 и его контакты *2* и *3* включают в сеть лампу фотоувеличителя *ЛУ*, а контакты *1* и *2* размыкаются. После того как реле срабатывает, кнопку $ПК$ можно отпустить, так как она блокируется контактами реле *2* и *3*. Конденсатор C_2 начинает заряжаться через сопротивления R_1 и R_2. В тот момент, когда

напряжение на нем достигнет величины потенциала зажигания неоновой лампы МН-7, она загорается и конденсатор быстро разряжается через обмотку реле P_1 и неоновую лампу. Ток разряда конденсатора направлен навстречу основному току, протекающему через обмотку реле P_1. Магнитное поле реле, определяемое разностью этих токов, ослабевает, и якорь реле отпадает.

Величина экспозиции в данной схеме электронного реле времени плавно изменяется с помощью потенциометра R_2.

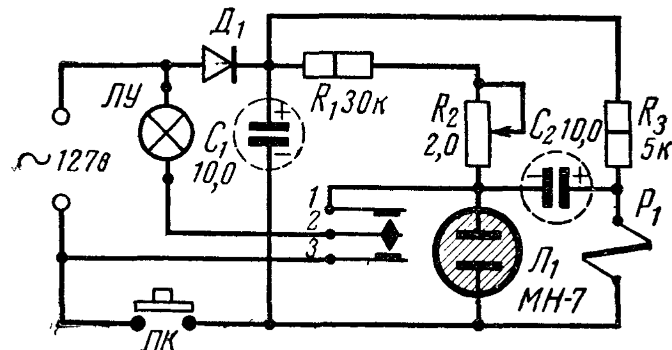


Рис. 14. Принципиальная схема реле времени с неоновой лампой.

При указанных в схеме величинах интервал выдержек равен 0,5—30 *сек*.

Налаживание схемы сводится лишь к подбору величины сопротивления R_3. Она зависит от сопротивления обмотки электромагнитного реле R_0 и тока срабатывания реле $I_{ср}$. Формула для расчета этого сопротивления имеет вид:

$$R_3 = \frac{0{,}8U_{c_1}}{I_{ср}} - R_0,$$

где U_{c_1} — напряжение на конденсаторе C_1.

В данной конструкции применено электромагнитное реле типа РСМ-2 с током срабатывания 20 *ма* и сопротивлением обмотки $R_0 = 750$ *ом*. Неоновая лампа МН-7 по желанию может быть заменена последовательным соединением двух неоновых лампочек типа МН-3. Конденсатор C_1 необходимо взять на рабочее напряжение 450 *в*, а конденсатор C_2 — МБГП на 200*в*.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА СТАБИЛИТРОНАХ

Принципиальная схема реле времени со стабилитронами приведена на рис. 15. Диапазон выдержек этого реле времени можно изменять скачками при помощи переключателя $П_1$ (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 сек) и плавно потенциометром R_2.

При кратковременном нажатии пусковой кнопки *ПК* напряжение от выпрямителя $Д_1Д_2$, C_1C_2 подается на обмотку $P_б$ электромеханического реле. Якорь реле притягивается и контакты *5—6* включают лампу фотоувеличителя *ЛУ*. Контакты реле *1—2* размыкают обкладки конденсатора C_3, а контакты *3—4* блокируют пусковую кнопку *ПК*.

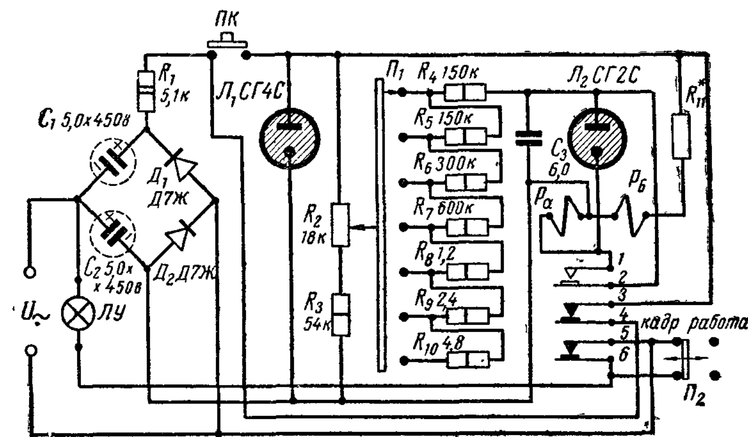


Рис. 15. Схема реле времени на стабилитроне.

Конденсатор зарядной цепи C_3 заряжается. В момент, когда напряжение на его обкладках достигнет величины потенциала зажигания стабилитрона СГ2С, последний загорается и конденсатор C_3 быстро разряжается через стабилитрон и обмотку $P_а$ реле. Витки обмоток реле $P_а$ и $P_б$ включены навстречу друг другу, поэтому их поля взаимно уничтожаются и якорь реле отпускается. Контакты реле *3—4* размыкаются и отключают схему от выпрямителя. Контактами *5—6* разрывается цепь питания лампы фотоувеличителя *ЛУ*, а контакты *1—2* замыкают обкладки конденсатора C_3 и он окончательно разряжается через обмотку реле $P_а$.

Заметим, что к концу выдержки пусковая кнопка *ПК* должна быть разомкнута, иначе произойдет повторное включение реле времени.

Тумблер $П_2$ позволяет включать лампу фотоувеличителя на произвольное время для того, чтобы можно было произвести смену кадра или наводку на резкость. В этом случае он должен находиться в положении «кадр».

Напряжение, которое подается на зарядную цепь, стабилизировано стабилизатором СГ-4С. Выпрямитель выполнен по известной схеме удвоения напряжения. В качестве вентилей $Д_1$ и $Д_2$ могут быть использованы полупроводниковые диоды типа Д7Ж. Потенциометр R_2 желательно применять прово-

лочный с общим сопротивлением 10—20 *ком.* Для того чтобы при перемещении его движка выдержка менялась точно в два раза, величина сопротивления R_3 должна выбираться по формуле:

$$R_3 = 3R_2.$$

Сопротивление R_1 можно применять типа ВС или МЛТ мощностью 2 *вт*. Его величина 5,1 *ком.* Данные остальных элементов схемы приведены на рис. 15. Описанное реле времени на стабилитронах потребляет энергию от сети переменного тока только во время экспозиции.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПОЙ

Схема такого электронного реле времени приведена на рис. 16. Она питается от сети переменного тока. Диапазон выдержек реле равен 0,5—60 *сек.* В исходном состоянии схемы пусковая кнопка *ПК* разомкнута, лампа фотоувеличителя *ЛУ* не горит, переключатель $П_1$ «работа-кадр» находится в положении «работа». В это время конденсатор C_2 заряжается че-

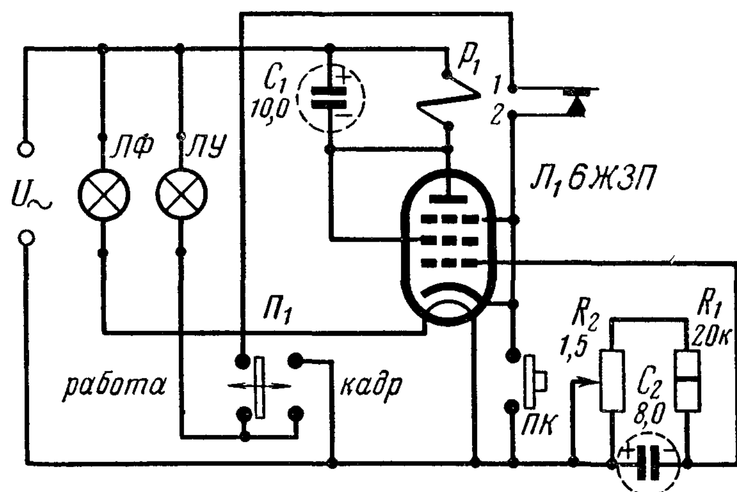


Рис. 16. Схема реле на электронной лампе.

рез участок катод-сетка лампы до амплитудного значения напряжения сети таким образом, что на его обкладке, подключенной к сетке лампы, получается минус напряжения. Момент экспозиции начинается тогда, когда замыкается пусковая кнопка *ПК*. Лампа $Л_1$ (6Ж3П) запирается отрицательным напряжением конденсатора C_2, подающимся на ее управляющую сетку. При этом лампа фотоувеличителя *ЛУ* горит, так как она оказывается подключенной к сети через нормально замкнутые контакты реле P_1 *1* и *2*. Конденсатор C_2 разряжается через два последовательно соединенных сопротивления разрядной цепи R_1 и R_2. В момент, когда конденсатор разрядится до напряжения открывания лампы $Л_1$, последняя отопрется и через нее и обмотку реле P_1 потечет ток. Реле P_1 сработает и разомкнет контакты *1—2*; лампа фотоувеличителя отключится от сети.

В данной схеме на протяжении всего времени экспонирования пусковая кнопка *ПК* должна быть замкнута. Поэтому вместо нее удобнее применять какой-либо выключатель. Для приведения схемы в исходное состояние кнопку *ПК* необходимо разомкнуть.

Нить накала лампы $Л_1$ включена в сеть переменного тока последовательно с лампой красного фонаря фотолаборатории. При питании схемы от сети с напряжением 220 *в* лампа фонаря *ЛФ* должна быть мощностью 60 *вт;* при питании от сети 127 *в* — 40 *вт*. В схеме применено реле типа РКН с током срабатывания 15 *ма*.

Для просмотра кадров или наводки на резкость тумблер $П_1$ переводится в положение «кадр».

Конденсатор C_1 емкостью 10 *мкф* необходим для устранения вибрации якоря реле P_1.

Достоинством описанного реле времени является простота схемы, а недостатком сравнительно низкая стабильность воспроизведения выдержек из-за отсутствия стабилизации напряжения питания.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ПО СХЕМЕ ТРИГГЕРА

Выше отмечалось, что для улучшения работы схемы реле времени обычно производят стабилизацию зарядного напряжения, то есть усложняют схему. Сравнительно простое и стабильно работающее реле времени может быть выполнено по схеме триггера (рис. 17). Схема этого реле времени отмечает интервалы времени, мало зависящие от напряжения питания. Она может иметь широкий диапазон выдержек (от 0,5 *сек* до нескольких минут).

Для нормальной работы схемы достаточно, чтобы $R_5 = 2R_8$, $R_3 = R_4$.

Величины сопротивлений R_3, R_4, R_7 выбираются в зависимости от тока срабатывания электромагнитного реле:

$$I_{ср} = \frac{U}{R_7} \cdot \frac{R_8}{R_5 + R_8},$$

где U — напряжение источника питания.

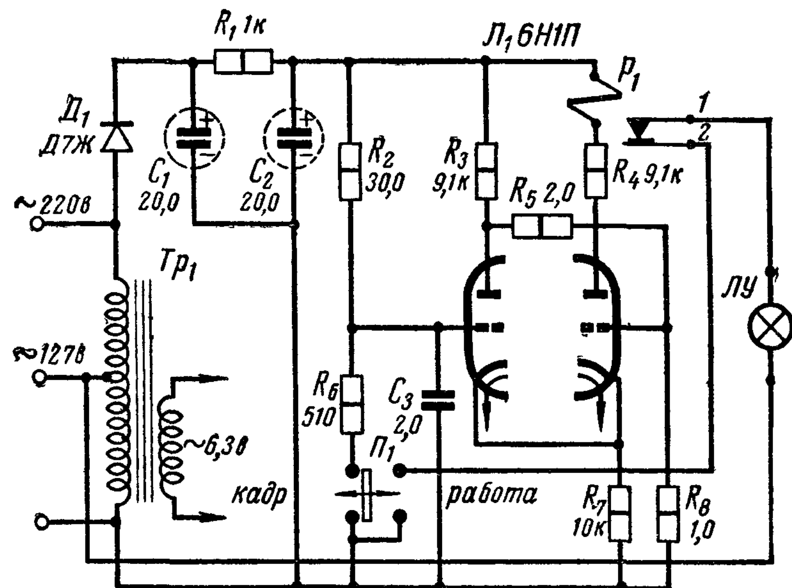


Рис. 17. Реле времени по схеме триггера.

Величина R_4 должна быть такой, чтобы при заданном анодном токе анодное напряжение правой (по схеме) половины лампы $Л_1$ (6Н1П) обеспечивало работу этой лампы с небольшим сеточным смещением Исходя из этих положений, величину сопротивления R_4 можно выбирать по характеристике лампы.

При колебаниях питающего напряжения на $\pm 20\%$ интервал времени экспонирования изменяется на $\pm 0{,}4\%$.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ТИРАТРОНЕ

Схема тиратронного реле времени приведена на рис. 18

Основная особенность данного реле — независимость цепи заряда конденсатора C_1 от цепи питания обмотки электромеханического реле P_1, что позволяет устанавливать большие значения зарядных сопротивлений и при небольших емкостях конденсатора получать значительные выдержки времени

Контакты реле *1—2* и *3—4* нормально разомкнутые, а контакты *5—6* нормально замкнутые.

Напряжение источника постоянного тока по величине выбирается больше напряжения зажигания тиратрона $Л_1$

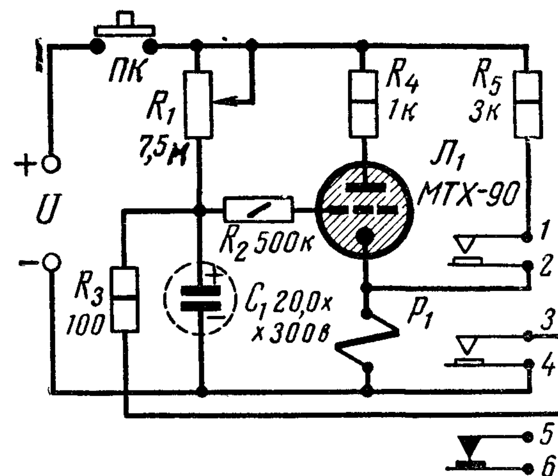


Рис. 18. Схема реле на тиратроне.

(МТХ-90) по пусковому электроду и меньше напряжения зажигания по его аноду.

При разомкнутой пусковой кнопке *ПК* реле P_1 обесточено, и его контакты *1—2* и *3—4* разомкнуты. Схема полностью отключена от источника питания.

При замыкании пусковой кнопки *ПК* напряжение источника *U* одновременно подается на тиратрон $Л_1$ и на зарядную цепь R_1C_1, к которой подключен пусковой электрод тиратрона. Одновременно с нажатием на кнопку *ПК* через контакты реле *5—6* включается лампа фотоувеличителя (кнопка лампы фотоувеличителя и сама лампа на схеме не показаны). В первый момент после нажатия пусковой кнопки потенциал пускового электрода равен потенциалу катода тиратрона, и тиратрон не горит. По мере заряда емкости C_1 потенциал пускового электрода повышается. При достижении потенциала, равного потенциалу зажигания, тиратрон зажжется, реле P_1 сработает и замкнет свои нормально разомкнутые контакты *1—2* и *3—4*. Контакты *5—6* разомкнутся и выключат лампу фотоувеличителя. При этом реле P_1 самоблокируется, конденсатор C_1 шунтируется и разряжается на сопротивление R_3. Кнопка *ПК* размыкается после полного времени выдержки.

В данной схеме выдержки времени определяются только напряжением, приложенным к цепи заряда, и параметрами этой цепи.

В схеме применено телефонное реле типа РКН с сопротивлением обмотки 1200 *ом*. В качестве переменного сопротивления R_1 служит потенциометр типа *ВК* с общим сопротивлением 7,5 *Мом*. Остальные данные схемы приведены на рис. 18.

ТИРАТРОННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ЗАРЯДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Схема реле времени со стабилизацией напряжения заряда конденсатора на неоновых лампах МН-3 приведена на рис. 19. В качестве выпрямителя применен полупроводниковый германиевый диод $Д_1$ типа Д7Ж; диод $Д_2$ снимает пульсации обратного напряжения на обмотке реле постоянного тока P_1. Схема работает и без этого диода, но для увеличения надежности ее работы целесообразно оставить диод $Д_2$. При помощи потенциометра R_6 и переключателя $П_2$ выдержка может изменяться плавно или скачками в пределах от 0,5 до 120 *сек*. Сопротивления R_x определяются по формуле:

$$R_x = \frac{T}{2{,}3\, C_x \cdot \lg \dfrac{1}{1 - \dfrac{U_п}{U}}},$$

где C_x — емкость конденсатора зарядной цепи (при расчете R_x величиной C_x обычно задаются): T — необходимое время выдержки; $U_п$ и U — напряжения зажигания и питания тиратрона, соответственно. Так, например, для обеспечения необходимого диапазона выдержек (0,5—120 *сек*) при $U=130$ *в*, $U_п=90$ *в* и $C_x=10$ *мкф* сопротивления будут равны: R_6 — 3 *Мом*, R_{x1} = 3 *Мом*, $R_{x2}=6$ *Мом* и $R_{x3}=10$ *Мом*.

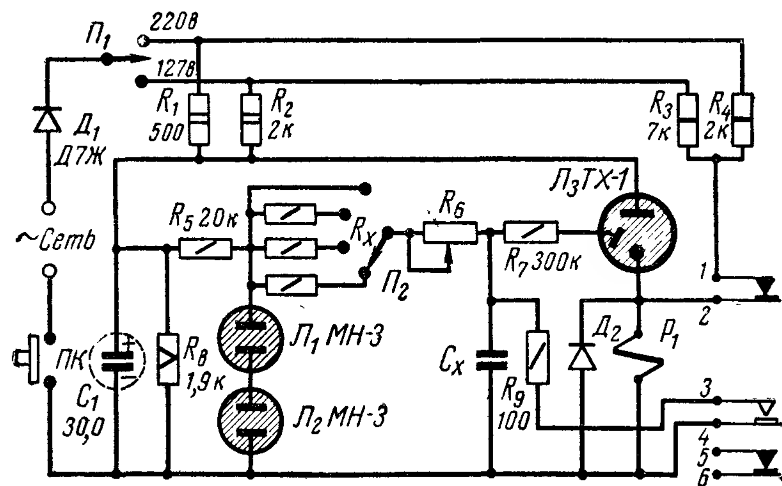


Рис. 19. Схема реле со стабилизацией зарядного напряжения.

Если требуется получить пределы выдержек, отличные от приведенных, то в каждом конкретном случае данные элементов схемы определяют по указанной формуле.

Рассмотренная схема реле времени обладает следующими достоинствами: 1) ее питание осуществляется непосредственно от сети переменного тока; 2) можно получать большую выдержку времени при достаточно малых размерах прибора; 3) она может быть полностью собрана из типовых деталей.

ТИРАТРОННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

На рис. 20 приведена схема типового реле времени ВЛ-1, предназначенного для различных автоматических устройств. Такое реле можно изготовить самостоятельно. Диод $Д_1$ типа Д7Ж и конденсатор фильтра C_1 служат для выпрямления напряжения переменного тока. Благодаря стабилизатору $Л_1$ (СГ-3С) и сопротивлению R_1 выдержка времени реле практически не зависит от колебаний напряжения сети, а также от постоянных импульсов, возникающих в сети, например, при включении индуктивных нагрузок.

В реле также применен тиратрон с холодным катодом типа МТХ-90. Режим работы тиратрона выбран в соответствии с его техническими характеристиками. Анодное напряжение равно 105—107 *в*, анодный ток — 5 *ма*, напряжение зажигания по управляющему электроду — не более 90 *в*.

Вспомогательные контакты реле P_1 *1—2* при срабатывании выходного электромеханического реле включают конденсатор C_2 на разряд через сопротивление R_7, подготавливая схему к последующему циклу работы.

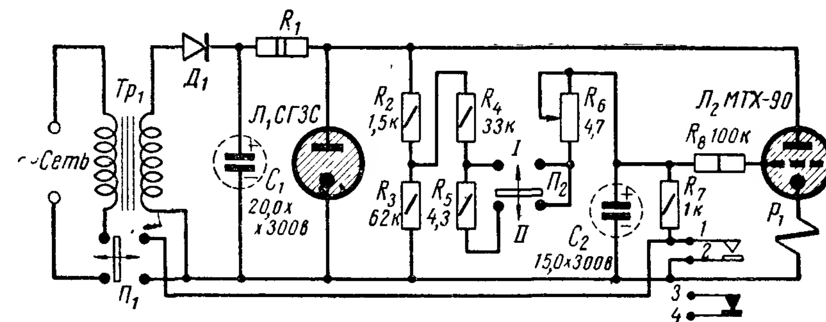


Рис. 20. Реле времени типа ВЛ-1.

Сопротивления R_2 и R_3 включены в цепь разряда конденсатора C_1 для уменьшения времени возврата. После отключения схемы от сети конденсатор C_1 быстро разряжается и реле приходит в исходное состояние. Одновременно эти сопротивления служат для подгонки верхнего предела выдержки времени.

При преждевременном отключении реле от сети (то есть

раньше, чем сработает электромеханическое реле) конденсатор C_2 остается заряженным, и при последующем включении реле времени выдержка получается меньше необходимой. Поэтому если возможно преждевременное отключение, а уменьшение выдержки времени недопустимо, то следует включать реле посредством тумблера $П_1$. При пуске контакты тумблера $П_1$ включают реле в сеть и одновременно отключают от конденсатора C_2 шунтирующее сопротивление R_7 Когда реле времени отключается, тумблером $П_1$ снимается напряжение сети, конденсатор C_2 включается на ускоренный разряд.

Диапазон выдержек времени имеет пределы от 0,5 до 180 *сек.* с двумя поддиапазонами. от 0,5 до 95 *сек.* и от 85 до 180 *сек.* Выбор нужного поддиапазона осуществляется тумблером $П_2$. Регулировка выдержки в пределах поддиапазона плавная и осуществляется переменным сопротивлением R_6. Контакты электромагнитного реле *3—4* используются для коммутации лампы фотоувеличителя.

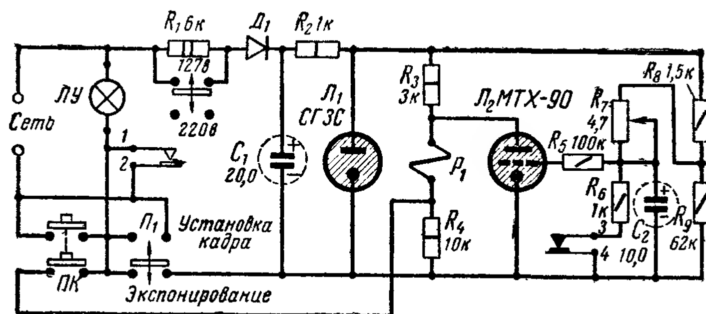
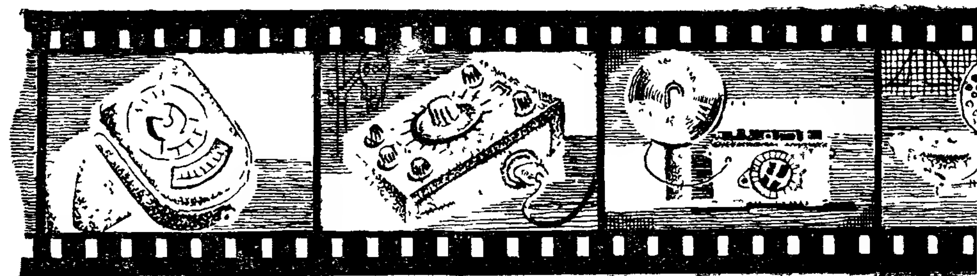


Рис. 21. Реле времени типа ВЛ-4.

Тиратронное реле времени типа ВЛ-4 (рис. 21) предназначено для автоматизации отсчета выдержки времени при фотопечати. Оно может питаться от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*. Диапазон выдержек времени имеет пределы от 0,5 до 30 *сек.* Максимальная мощность лампы фотоувеличителя 250 *в*

При нажатии пусковой кнопки *ПК* немедленно срабатывает исполнительное реле P_1. Одновременно включается лампа увеличителя *ЛУ*. Так как контакты выходного реле P_1 блокируют пусковую кнопку *ПК*, лампа при отпускании кнопки остается включенной.



ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ИМПУЛЬСНЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Для освещения различных объектов при фотосъемке часто используются небольшие рефлекторы с лампочкой в виде латинской буквы «*U*». Такие устройства называют электронно-импульсными фотовспышками, лампами-вспышками и т. п. Яркий свет, на мгновение вспыхивающий в маленькой дугообразной лампе, находящейся в рефлекторе, вполне достаточен для того, чтобы снимать с выдержкой в сотые доли секунды. Такая лампа оказывается незаменимой при фотографировании в помещениях.

Лампы-вспышки иногда применяются и при ярком солнечном свете. Это делается для подсветки фотографируемых объектов.

Устройство фотовспышки показано на рис 22. Она состоит из самой лампы, накопительного конденсатора, источника питания лампы и устройства поджига.

Конденсатор имеет емкость порядка 800 *мкф*. Но иногда и такой емкости оказывается недостаточно, и в лампах-вспышках устанавливают конденсаторы по 1600 и даже по 2300 *мкф.*

Лампа включается синхроконтактом, находящимся в фотоаппарате. Синхроконтакт включает лампу-вспышку в тот момент, когда открывается затвор. Напряжение источника питания лампы

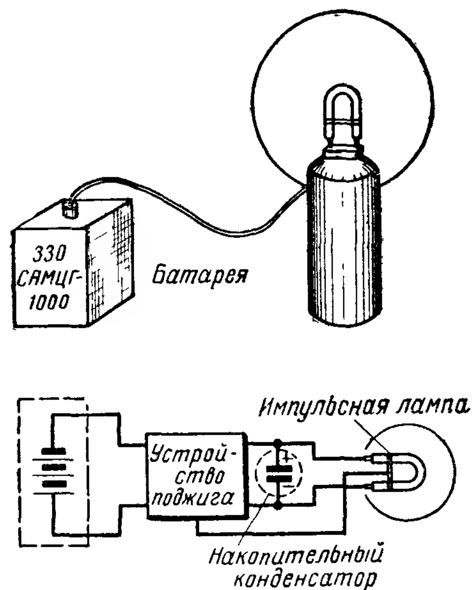


Рис. 22. Лампа-вспышка.

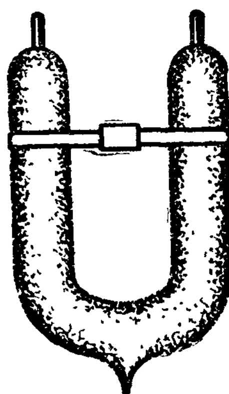


Рис. 23. Импульсная лампа.

300 *в*, подаваемое к ее контактам, само по себе еще не обеспечивает зажигание лампы.

Чтобы создать разряд в газе, наполняющем лампу (рис. 23), нужно ее «поджечь» при помощи специального устройства поджига, имеющегося в каждой лампе-вспышке (рис. 24). Устройство поджига состоит из импульсного трансформатора, позволяющего получить кратковременный импульс высокого напряжения порядка 10—15 тыс. *в*. Это напряжение воздействует на газ, наполняющий лампу, и ионизирует его. Благодаря этому разрядный промежуток в лампе, то есть промежуток между ее контактами, становится токопроводящим, и накопительный конденсатор мгновенно разряжается через лампу. Прохождение тока через ионизированный газ сопровождается яркой вспышкой света. Как только накопительный конденсатор разрядится, резко уменьшится напряжение на лампе, и его будет недостаточно для поддержания тока. Газ в лампе деионизируется и снова становится нетокопроводящим. В этот момент конденсатор начинает заряжаться и по окончании заряда, спустя 5—10 сек., лампа-вспышка вновь готова к действию. Достаточно нажать на синхроконтакт, как весь процесс повторится.

Фабричные лампы-вспышки питаются от специальной батареи 330-ЭВМЦГ-1000 напряжением 300 *в*. Такой батареи хватает приблизительно на тысячу вспышек. Однако, как по-

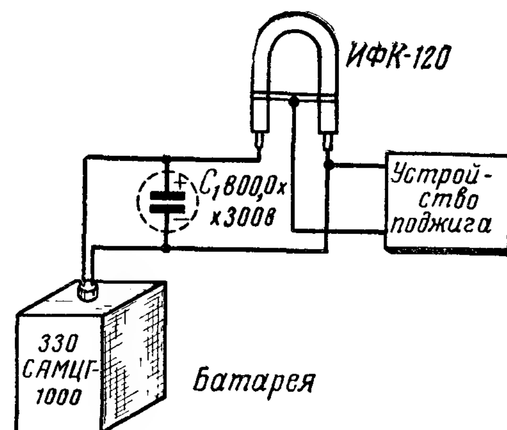


Рис. 24. Упрощенная схема лампы-вспышки.

казывает практика, после 200—300 вспышек напряжение батареи уменьшается до 260 *в* и ниже, энергия вспышки падает и становится недостаточной. В любительских условиях сделать тысячу снимков с фотовспышкой за короткий срок вряд ли представится возможным, а так как батареи не выдерживают длительного хранения, то их приходится заменять новыми. Таким образом, фабричные лампы-вспышки не всегда оказываются подходящими для фотолюбителей.

Некоторые фабричные образцы ламп-вспышек питаются от батарей для карманного фонаря. В этих лампах-вспышках напряжение, получаемое от батарей для карманного фонаря, преобразуется с помощью обычного вибропреобразователя в высокое напряжение, необходимое для работы импульсной лампы.

Описание промышленных образцов ламп-вспышек приводится в инструкциях и специальной литературе. Поэтому ниже рассматриваются только самодельные конструкции электронных импульсных ламп с питанием от батарей для карманного фонаря, аккумуляторов, а также и от осветительной сети. Преобразователь напряжения в самодельных лампах-вспышках собран на транзисторах. Такой преобразователь позволяет увеличить срок службы источников питания, повысить к. п. д. и надежность работы всей лампы-вспышки.

Преобразователь на одном транзисторе прост по конструкции, но обладает рядом недостатков: относительно низкий к. п. д., большое напряжение первичных источников питания, медленный заряд накопительного конденсатора, приводящий к увеличению интервала между вспышками, и др. Преобразователи, выполненные по двухтактной схеме, в значительной мере свободны от таких недостатков.

При съемках в помещении лампы-вспышки можно питать от сети и применить вместо преобразователя выпрямитель сетевого напряжения В некоторых случаях при питании лампы-вспышки от сети можно обойтись без накопительного конденсатора.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Рассмотрим, как работает такой преобразователь Если в схеме, изображенной на рис. 25, периодически замыкать и размыкать выключатель $Вк_1$, то в первичной обмотке трансформатора $Тр_1$ появится прерывистый ток Частота импульсов тока будет равна частоте размыканий выключателя $Вк_1$. Прерывистый ток в первичной обмотке трансформатора $Тр_1$ создает переменное магнитное поле в сердечнике трансформатора. Это магнитное поле наведет во вторичной обмотке переменное напряжение. Если число витков вторичной обмотки больше, чем в первичной, то напряже-

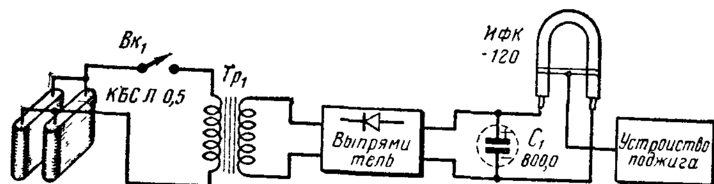


Рис. 25. Упрощенная схема преобразователя.

ние на вторичной обмотке больше напряжения, приложенного к первичной обмотке во столько раз, во сколько в этой обмотке больше витков. Если повышенное переменное напряжение превратить с помощью выпрямителя в постоянное, то последнее можно использовать для заряда накопительного конденсатора.

С рассмотренным источником питания можно использовать любую фабричную фотовспышку, подключив вместо батареи на 300 *в* преобразователь. Вручную замыкать и размыкать выключатель $Вк_1$ невозможно, и поэтому вместо него устанавливают транзистор, работающий в ключевом режиме, то есть выполняющий роль автоматического выключателя. При использовании транзистора схема выглядит так, как она показана на рис. 26.

На рис. 27 изображена схема простейшего преобразователя для питания импульсной лампы-вспышки. Он работает следующим образом. При замыкании контактов выключателя $Вк_1$ напряжение источников питания поступает на преобразователь. Конденсатор C_1 заряжается до напряжения источников питания. Плюс напряжения батареи поступает на эмиттер транзистора T_1, а минус через первичную обмотку трансфор-

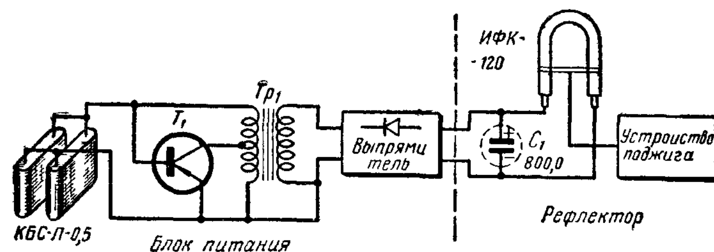


Рис. 26. Схема преобразователя на транзисторе.

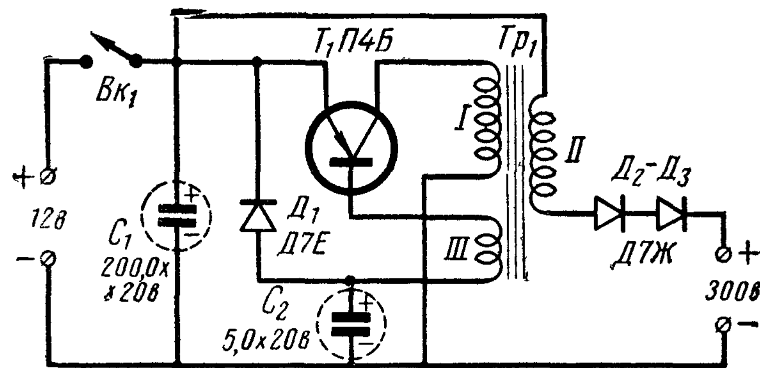


Рис. 27. Схема преобразователя на одном транзисторе.

матора $Тр_1$ на коллектор. Транзистор пропускает ток и в обмотке III обратной связи наводится напряжение, которое через диод $Д_1$ поступает минусом на эмиттер.

При некотором значении этого напряжения транзистор T_1 закрывается, и ток в обмотке *I* прекращается. Напряжение обратной связи уменьшается, и транзистор снова открывается. Таким образом, транзистор T_1 выполняет роль ключа, попеременно включающего и выключающего напряжение питания (напряжение на обмотке *I*). Прерывистый ток в обмотке *I* создает переменное магнитное поле в сердечнике трансформатора $Тр_1$, благодаря чему в повышающей обмотке *II* наводится высокое переменное напряжение. Это напряжение после выпрямления диодами $Д_2Д_3$ заряжает накопительный конденсатор. Конденсатор C_2 служит для фильтрации напряжения обратной связи.

Налаживание преобразователя сводится к правильному включению концов обмоток трансформатора $Тр_1$. Этот трансформатор изготовляется в следующем порядке. На сердечнике из обычной трансформаторной стали Ш-18×16 наматывается сначала вторичная обмотка, которая содержит 800 витков ПЭЛШО 0,16. Затем наматывается первичная обмотка,

состоящая из 35 витков провода ПЭ 0,59, и последней наматывается обмотка обратной связи, имеющая 6—8 витков того же провода, что и обмотка *I*

Питание преобразователя осуществляется от трех батарей КБС Л-0 5, соединенных последовательно При свежих батареях время заряда накопительного конденсатора емкостью в 800 *мкф* не превышает 15 *сек* Одного комплекта батарей хватит примерно на 30 вспышек Преобразователь размещается в специальной упаковке вместе с источниками питания

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ

Схема преобразователя, работающего на двух транзисторах, изображена на рис 28 Источником питания для него служат три батареи типа КБС-Л-0,5, соединенные параллельно Одного комплекта питания хватает более чем на 100 вспышек

Преобразователь собран на двух транзисторах типа П4Б, работающих по схеме двухтактного генератора Индуктивностью генератора является трансформатор $Тр_1$, емкость образуется из междувитковой и монтажной емкостей Генератор охвачен обратной связью через специальный трансформатор $Тр_2$ Напряжение обратной связи пропорционально току заряда конденсатора C_2 Такая зависимость обратной связи используется в данном преобразователе для более экономичного расхода питания По мере заряда конденсатора зарядный ток уменьшается, уменьшается и напряжение обратной связи, подаваемое на базы транзисторов генератора При уменьшении зарядного тока до 50 *ма* напряжение обратной связи настолько мало, что генерация срывается и прекращается расход энергии от источников питания При срыве колебаний накопительный конденсатор C_2 разряжается через диоды выпрямителя, неоновую лампочку $Л_1$ и делитель R_2R_3

Если в течение нескольких минут после срыва генерации не произвести вспышку, накопительный конденсатор разряжается настолько сильно, что энергии вспышки будет недостаточно для получения нормального снимка Поэтому необходимо вновь подзарядить конденсатор C_2, для чего достаточно нажать на кнопку $Кн_1$ Запуск генератора после вспышки осуществляется также нажатием на эту кнопку Работает преобразователь следующим образом После включения низкого напряжения с помощью выключателя $Вк_1$ генератор не начнет работать до тех пор, пока не нажата кнопка $Кн_1$ Первоначальный толчок напряжения в цепи триодов приводит к возбуждению генератора

В первичной обмотке трансформатора появляется импульсный ток В его вторичной, повышающей, обмотке в этом случае действует переменное напряжение порядка 280—300 *в*.

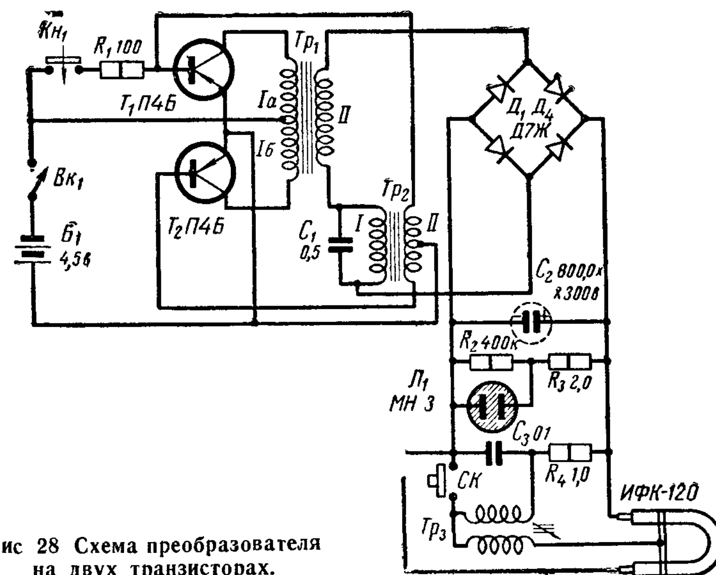


Рис 28 Схема преобразователя на двух транзисторах.

Мостиковый выпрямитель, собранный на диодах $Д_1$—$Д_4$, выпрямляет это напряжение, и оно подается на накопительный конденсатор C_2 Ток вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$ проходит и по первичной обмотке трансформатора обратной связи $Тр_2$ Чем больше этот ток, тем больше величина обратной связи и тем увереннее работает генератор

По мере заряда конденсатора C_2 ток, потребляемый нагрузкой преобразователя, уменьшается Уменьшается и обратная связь, и генератор перестает работать при окончании зарядки конденсатора C_2

Остальные детали, монтируемые в ручке рефлектора, имеют то же назначение, что и в обычной фотовспышке Делитель, образованный сопротивлениями R_2R_3, служит для подачи питания на индикаторную неоновую лампочку $Л_1$ Конденсатор C_3 необходим для работы импульсного поджигающего трансформатора $Тр_3$ При замыкании синхроконтакта *СК* происходит быстрый разряд этого конденсатора через первичную обмотку $Тр_3$ На вторичной обмотке, имеющей значительно большее число витков, возникает высоковольтный импульс; ионизирующий газ в импульсной лампе Сопротивление лампы резко уменьшается, и накопительный конденсатор разряжается через ионизированный газ внутри импульсной лампы Прохождение разрядного тока через газ, наполняющий лампу, сопровождается ярким свечением вспышкой Сопротивление R_4 — ограничительное и служит для того, чтобы

при замыкании синхроконтакта не замкнулись выводы накопительного конденсатора через обмотку *I* импульсного трансформатора $Тр_3$, имеющую несколько витков относительно толстого провода. После разряда накопительного конденсатора, то есть после вспышки импульсной лампы, для запуска генератора необходимо нажать на кнопку $Кн_1$. Индикатором готовности лампы к новой вспышке служит зажигание неоновой лампы $Л_1$.

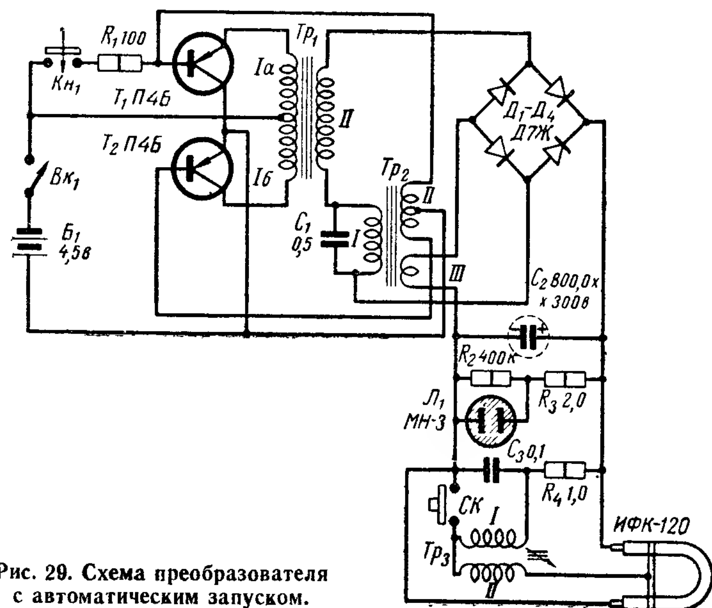


Рис. 29. Схема преобразователя с автоматическим запуском.

Процесс запуска генератора после вспышки можно автоматизировать с помощью добавочной обмотки, состоящей из нескольких (4—5) витков провода ПЭЛ 0,3, намотанных на сердечнике трансформатора $Тр_2$. В этом случае схема питания лампы-вспышки выглядит так, как она представлена на рис. 29. Импульс тока, проходящий в момент горения лампы ИФК-120 по дополнительной обмотке *III* трансформатора $Тр_2$, создает в цепи обратной связи толчок напряжения, приводящий к запуску основного генератора. Таким образом, отпадает необходимость включения генератора после каждой вспышки. В остальном обе схемы одинаковы.

Все детали лампы-вспышки, за исключением трансформаторов, фабричные. Трансформатор $Тр_1$ выполнен на пермаллоевом сердечнике из пластин Ш-8, толщина набора 15 *мм*. Обмотки *Iа* и *Iб* содержат по 15 витков двойного провода ПЭЛ 0,74. Обмотка *II* намотана проводом ПЭЛ 0,1 и имеет 1500 витков. Этот трансформатор можно намотать и на обычном сердечнике из трансформаторной стали Ш-12 при толщине набора 15 *мм*, сохранив то же число витков в обеих обмотках.

Трансформатор $Тр_2$ имеет также пермаллоевый сердечник Ш-4×10. Обмотка *I* содержит 800 витков провода ПЭЛ 0,18, а обмотка *II* — 2×25 витков провода ПЭЛ 0,31. При отсутствии пермаллоевого сердечника трансформатор $Тр_2$ можно выполнить на сердечнике из обычной трансформаторной стали Ш-10×10, оставив указанное число витков в обеих обмотках.

Импульсный трансформатор можно изготовить самостоятельно. Для этого на круглом картонном каркасе наматывается внавал 2000 витков провода ПЭЛ 0,08 (обмотка *II*). После этого обмотка *II* тщательно изолируется несколькими слоями лакоткани и затем виток к витку наматывают обмотку *I* (20 витков) проводом ПЭЛ 0,3.

Особого налаживания такой преобразователь не требует. При правильно выполненном монтаже и исправности всех деталей преобразователь начинает сразу же работать после включения питания.

Транзисторы T_1 и T_2 должны иметь идентичные характеристики и одинаковый коэффициент усиления по току. Если генератор не работает, следует поменять местами концы обмотки обратной связи. Слишком сильное гудение или писк генератора может быть вызван плохо стянутыми пластинами трансформаторов или слабым креплением транзисторов и других деталей. Избавиться от этого неприятного явления очень легко. Достаточно плотнее стянуть сердечники трансформаторов и укрепить детали, вибрирующие наиболее сильно. Возможно, потребуется пропитать трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ церезином или кабельной массой.

ЛАМПА-ВСПЫШКА С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПОДЗАРЯДОМ КОНДЕНСАТОРА

Транзисторные преобразователи напряжения, применяемые для питания фотовспышек от низковольтовых батарей, имеют один существенный недостаток: после того как конденсатор вспышки заряжен и готов к действию, через преобразователь продолжает проходить ток холостого хода. В результате непроизводительно расходуется энергия батареи питания. Величина этого тока может доходить до 300—350 *ма*. Избавиться от этого недостатка можно, применяя схемы со срывом генерации в преобразователе после заряда конденсатора. Однако в этом случае напряжение на конденсаторе из-за его саморазряда постепенно уменьшается, и, следовательно,

энергия вспышки сильно зависит от интервала времени между срывом генерации и моментом съемки

От этих недостатков свободны электронные вспышки с автоматическим подзарядом конденсатора В них после заряда

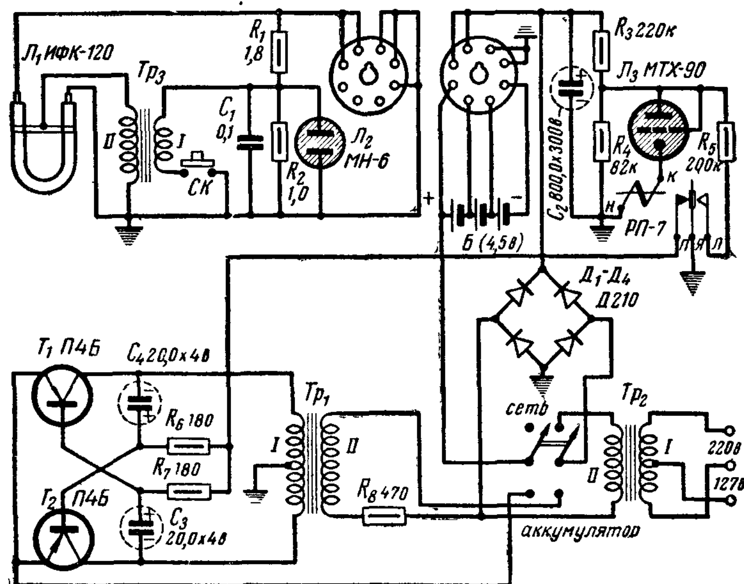


Рис. 30. Схема фотовспышки.

конденсатора до номинального напряжения происходит срыв генерации в преобразователе, и ток, потребляемый им от батарей, резко падает. После того как напряжение на конденсаторе из-за его саморазряда или в результате вспышки становится ниже определенного предела, генерация в схеме возобновляется и конденсатор подзаряжается В большинстве подобных преобразователей для срыва генерации используются относительно сложные схемы на транзисторах В предлагаемой же фотовспышке для этой цели использовано поляризованное реле Такая схема содержит минимум деталей, очень проста в налаживании и надежно работает в широком диапазоне температур. Применение поляризованного реле допускает независимую регулировку как верхнего, так и нижнего пределов напряжений, при которых происходит срыв и возобновление колебаний.

Схема фотовспышки приведена на рис. 30 Преобразователь напряжения собран по схеме симметричного мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2 Он прост в налаживании, некритичен к данным повышающего трансформатора, в нем хорошо возбуждаются колебания Кроме того, по сравнению с преобразователями, собранными по схеме блокинг-генератора, у мультивибратора меньшая величина тока холостого хода и повышенный к п д

Мультивибратор питается от батареи, состоящей из трех банок серебряно-цинковых аккумуляторов типа СЦ-3 Для того чтобы каждую банку аккумулятора можно было заряжать отдельно во избежание перезаряда какой-нибудь банки при их одновременной зарядке в последовательном соединении, выводы всех банок аккумулятора подсоединены к панельке от 8-штырьковой радиолампы Эта же панелька используется и для подключения к фотовспышке осветительного блока, состоящего из лампы ИФК-120 с устройством поджига Включение преобразователя производится автоматически при подсоединении фишки осветительного блока к панельке Тумблер на блоке преобразователя в этом случае должен быть установлен в положение «Аккумулятор» Переключение этого тумблера в положение «Сеть» дает возможность питать фотовспышку от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в* через трансформатор $Тр_2$. Для питания фотовспышки можно использовать две батареи для карманного фонаря, соединенных параллельно и устанавливаемых вместо аккумулятора (размер двух батарей КБСЛ-0,5 примерно равен размеру трех банок аккумуляторов).

Устройство автоматического подзаряда конденсатора работает следующим образом. Когда напряжение на конденсаторе C_2 достигнет 300 *в*, зажигается безнакальный тиратрон МТХ-90, подключенный к делителю R_3R_4, и срабатывает реле РП-7. При этом оно своими контактами разрывает цепь базы транзисторов мультивибратора, срывая генерацию, и шунтирует сопротивлением R_5 нижнее плечо делителя R_4. Без сопротивления R_5 гашение тиратрона МТХ-90 (а следовательно, и подзаряд конденсатора) происходит только при снижении напряжения на конденсаторе до 170 *в*. Подключение этого сопротивления позволяет установить значение минимального напряжения на накопительном конденсаторе C_2 в пределах 170—290 *в* При разряде конденсатора до этого напряжения (для величин сопротивлений, приведенных на схеме, он равен 270 *в*) МТХ-90 гаснет, реле РП-7 перебрасывает якорь и конденсатор C_2 подзаряжается до напряжения 300 *в*

Для индикации заряда конденсатора использована неоновая лампочка МН-6, включенная по схеме релаксационного генератора. Достоинство такой схемы в том, что по частоте вспышек этой лампочки можно судить о величине напряжения на конденсаторе. Сопротивления делителя R_1R_2 подобраны так, чтобы при напряжении на конденсаторе, равном 300 *в*, отдельные вспышки сливались в непрерывное свечение лам-

почки. При питании фотовспышки от аккумулятора максимальный ток, потребляемый преобразователем в первые секунды заряда, может доходить до 3—3,5 *а*. После срыва генерации этот ток уменьшается до 12 *ма*. Время заряда конденсатора при этом не превышает 8 *сек*. При питании преобразователя от двух батарей для карманного фонаря время заряда увеличивается до 12—15 *сек*.

В мультивибраторе применены транзисторы П4Б. Можно применить и другие транзисторы типа П4. Выпрямитель собран на кремниевых диодах Д210. Их можно заменить диодами Д209, Д7Ж или Д7Е.

Вместо реле РП-7 можно применить и реле РП-5, правый контакт которого регулируется так, чтобы в обесточенном состоянии он был замкнут с якорем. Обмотка реле должна иметь не менее 15 тыс. витков. Так как мощность, разрываемая контактами реле, невелика (90 *ма*, 4, 5 *в*), срок службы реле соизмерим со сроком службы остальных деталей.

Безнакальный тиратрон МТХ-90 можно заменить неоновой лампочкой 95СГ-9 без всякого изменения схемы. Можно применить и любую другую неоновую лампочку, подобрав величину R_4 такой, чтобы лампочка зажигалась при напряжении на конденсаторе, равном 300 *в*. Если при этом не будет срабатывать реле, необходимо несколько уменьшить величины R_3 и R_4, сохранив между ними найденное соотношение. После этого подбором величины R_5 добиваются того, чтобы неоновая лампочка гасла при таком напряжении на конденсаторе, которое выбрано как минимально допустимое.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на тороидальном сердечнике из пермаллоя. Сердечник имеет следующие размеры: наружный диаметр 40 *мм*, внутренний — 25 *мм*, высота — 6 *мм*. Обмотка *I* содержит 20+20 витков провода ПЭЛ 0,61, обмотка *II* — 1800 витков провода ПЭЛ 0,1. Трансформатор $Тр_2$ намотан на тороидальном сердечнике из стали 3310 (ХВП). Наружный диаметр 50 *мм*, внутренний — 30 *мм*, высота — 10 *мм*. Обмотка *I* имеет 3530+2600 витков провода ПЭЛ 0,12, обмотка *II* — 6500 витков того же провода.

Можно применить для намотки этих трансформаторов и Ш-образные сердечники. Тогда для трансформатора $Тр_1$ сохраняются те же данные обмоток и наматывается он на сердечнике Ш-7×10 из пермаллоя или обычной трансформаторной стали, а трансформатор $Тр_2$ выполняется на сердечнике Ш-16×17 из трансформаторной стали с обмоткой *I*, состоящей из 1700+1200 витков провода ПЭЛ 0,12, и обмоткой *II*, содержащей 3000 витков провода ПЭЛ 0,1.

Трансформатор $Тр_3$ намотан на тороидальном сердечнике из феррита Ф-1000. Его наружный диаметр 17 *мм*, внутренний — 8 *мм*, высота — 5 *мм*. Обмотка *I* имеет 3 витка провода ПЭЛ 0,51, обмотка *II* — 200 витков провода ПЭЛ 0,12. При

намотке этого трансформатора необходимо вначале намотать виток к витку первичную обмотку, а затем по оставшейся части сердечника равномерно распределить вторичную обмотку. В качестве $Тр_3$ можно применить и типовой поджигающий трансформатор для ИФК-120 без сердечника.

ЛАМПА-ВСПЫШКА С ПИТАНИЕМ ОТ СЕТИ

При питании лампы-вспышки от сети не потребуется ни преобразователя, ни батареек для карманного фонаря, ни высоковольтных батарей. В этом случае достаточно собрать выпрямитель, с помощью которого переменное напряжение сети превращается в постоянное, используемое для зарядки накопительного конденсатора.

Размеры выпрямителя таковы, что он вместе с сетевым шнуром свободно размещается в упаковке для батареи типа 330-ЭВМЦГ-1000. Если батарея переносится только на ремне без упаковки, для выпрямителя следует изготовить металлическую коробочку, габариты которой определяются величиной деталей (трансформатора, диодов, выключателя и т. п.).

При использовании выпрямителя вместо батареи 330-ЭВМЦГ-1000 или преобразователя с низковольтными батареями никаких переделок в конструкции и схеме лампы-вспышки не требуется. Выходные зажимы выпрямителя следует припаять к колодке от использованной батареи, с тем чтобы фишку лампы-вспышки можно было бы вставлять как в фишку батареи, так и в фишку выпрямителя.

Схема выпрямителя для питания лампы-вспышки от сети представлена на рис. 31. Он собран по мостовой схеме на четырех германиевых диодах $Д_1$—$Д_4$ типа Д7Ж. Сопротивление R_1 служит для ограничения начального тока заряда в момент подключения накопительного конденсатора лампы-вспышки. В момент включения за счет большой емкости накопительного конденсатора выпрямитель работает как бы в режиме короткого замыкания, благодаря чему диоды могут выйти из строя. При желании уменьшить время заряда накопительного конденсатора сопротивление R_1 можно значительно уменьшить.

Трансформатор $Тр_1$ выполняется на сердечнике из Ш-образных пластин обычной трансформаторной стали. Пластины Ш-20, толщина набора—20 *мм*. Обмотка *Iа* имеет 1500 витков провода ПЭЛ 0,18, обмотка *Iб* — 1100 витков провода ПЭЛ 0,12. Обмотка *II* содержит 2700 витков провода ПЭЛ 0,15.

В тех случаях, когда напряжение сети значительно изменяется, для питания лампы-вспышки можно применить стабилизированный выпрямитель. Дело в том, что при повышении напряжения в сети возможен пробой накопительного конденсатора. Если напряжение в сети ниже номинала, энергия вспышки значительно уменьшится. В этом случае время заряда на-

копительного конденсатора сильно возрастает. Неоновые лампы, применяемые в качестве индикаторов окончания заряда накопительного конденсатора, имеют значительный разброс по напряжению зажигания, и поэтому они не дают точного представления о значении напряжения на накопительном конденсаторе.

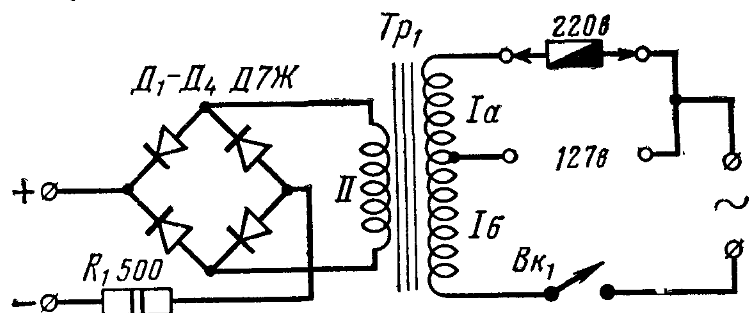


Рис. 31. Схема выпрямителя для питания лампы-вспышки от сети.

Схема стабилизированного выпрямителя для лампы-вспышки изображена на рис. 32. Он собран на двух германиевых диодах типа Д7Ж по схеме удвоения. Выпрямленное напряжение стабилизировано с помощью двух газонаполнен-

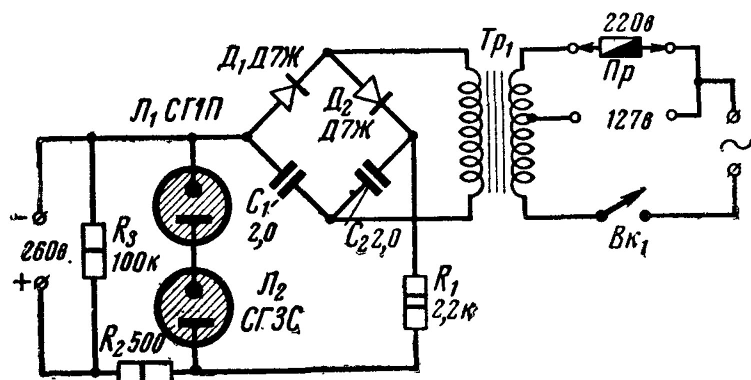


Рис. 32. Схема стабилизированного выпрямителя.

ных стабилитронов $Л_1$ и $Л_2$. На выходе выпрямителя, подключаемого непосредственно к накопительному конденсатору, обеспечивается напряжение 260±5 *в* при колебаниях сетевого напряжения в пределах от 85 до 140 *в* (от 170 до 240 *в*). Время заряда накопительного конденсатора, характеризующее готовность лампы-вспышки к работе, не превышает 5 сек. О го-

товности лампы-вспышки к работе можно судить по зажиганию стабилитрона $Л_2$.

Сопротивление R_3 необходимо для предотвращения релаксационных колебаний, которые могут возникнуть в цепи накопительный конденсатор — стабилитроны. Сопротивление R_2 предохраняет от пробоя накопительный конденсатор в случае выхода из строя стабилитронов. Кроме того, сопротивление R_3 служит также для быстрого разряда накопительного конденсатора при выключении выпрямителя.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на сердечнике из пластин трансформаторной стали Ш-19 толщина набора—20 *мм*. Обмотка *Iа* имеет 1600 витков, обмотка *Iб* — 1200 витков, а обмотка *II* — 2300 витков. Все обмотки наматываются проводом ПЭЛ 0,18.

ЛАМПА-ВСПЫШКА БЕЗ НАКОПИТЕЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

Одной из основных и наиболее дефицитных деталей в лампе-вспышке является накопительной конденсатор. При выходе этого конденсатора из строя замена его представляет известные трудности. Однако если питать лампу-вспышку от сети, можно с успехом обойтись без накопительного конденсатора, используя энергию одного полупериода сетевого напряжения.

Если на основные электроды импульсной лампы подать сетевое напряжение даже в 220 *в*, лампа не загорится, так как это напряжение недостаточно велико, чтобы ионизировать газ, наполняющий лампу. Разрядный промежуток импульсной лампы представляет очень большое сопротивление, и ток через лампу практически отсутствует. При подаче на поджигающий электрод импульсной лампы высоковольтного импульса, порядка 10 *кв*, от импульсного трансформатора, газ, наполняющий разрядный промежуток, ионизируется и электрическое сопротивление лампы резко уменьшается до нескольких ом и даже долей ома; ток через лампу возрастает до сотен ампер, что сопровождается ярким свечением газа в лампе.

При питании лампы-вспышки от накопительного конденсатора энергия вспышки получается за счет разряда этого конденсатора через ионизированный газ импульсной лампы. Израсходовав заряд конденсатора, лампа гаснет, так как напряжение на ее электродах падает почти до нуля, и до тех пор, пока накопительный конденсатор снова не будет заряжен, а газ в лампе не ионизирован, вспышки не произойдет. Если же лампа питается от сети без накопительного конденсатора, то она поджигается в момент времени t_1 (рис. 33) и гаснет в момент времени t_2, когда напряжение на основных электродах лампы становится недостаточным для горения лампы. Деио-

низация газа, наполняющего лампу, происходит значительно быстрее, чем напряжение в сети достигает такого значения в отрицательном полупериоде, при котором возможно горение лампы. Для того чтобы снова заставить гореть лампу-вспышку, нужен новый поджигающий импульс, ионизирующий газ в лампе.

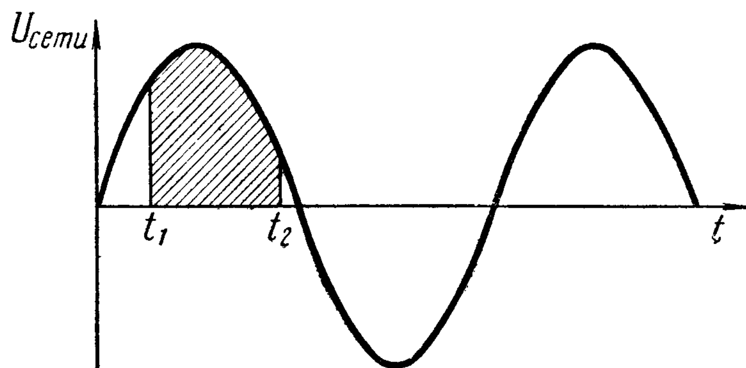


Рис. 33. Характер изменения напряжения в сети и время начала и окончания вспышки.

Схема лампы-вспышки без накопительного конденсатора с питанием от сети приведена на рис. 34. Импульсная лампа ИФК-120 (или любая другая из используемых в лампах-вспышках) подключена основными электродами в сеть через небольшое сопротивление R_3. Это сопротивление служит для ограничения тока через импульсную лампу. В том случае, если провода сети имеют большое сопротивление (малое сечение провода, большое расстояние до подстанции), это сопротивление можно не ставить. Определить, необходимо ли это сопротивление, можно по яркости свечения вспышки, сравнив ее со вспышкой обычной лампы-вспышки с накопительным конденсатором и свежей батареей. Сопротивления R_1 и R_2 образуют делитель, с которого снимается напряжение для питания тиратрона $Л_1$ и импульсного трансформатора $Тр_1$. С помощью германиевого диода $Д_1$ напряжение, снимаемое с сопротивления R_2, выпрямляется. Плюс этого напряжения через первичную обмотку импульсного трансформатора подается на анод тиратрона $Л_1$, минус через сопротивление R_6 — на катод, а через сопротивление R_5 — на поджигающий электрод (сетку) тиратрона. Под действием этого напряжения тиратрон закрыт. При замыкании синхроконтакта *СК* через сопротивление R_4 плюс выпрямленного напряжения поступает на поджигающий электрод тиратрона. В силу того что выпрямление здесь однополупериодное и в цепи отсутствуют сглаживающие конденсаторы, через синхроконтакт проходит положительная полуволна выпрямленного напряжения. Как только напряжение на поджигающем электроде тиратрона достигнет определенной величины (момент времени t_1 на рис. 33), тиратрон откроется, и конденсатор C_2, который до этого успеет зарядиться до амплитудного значения напряжения на сопротивлении R_2, быстро разряжается через открытый тиратрон $Л_1$ и первичную обмотку импульсного трансформатора $Тр_1$. Высоковольтный импульс напряжения, образующийся в результате этого на вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$, подается на поджигающий электрод лампы ИФК-120. Газ в лампе мгновенно ионизируется, и лампа пропускает ток почти до конца положительного полупериода напряжения в сети (момент времени t_2 на рис. 33).

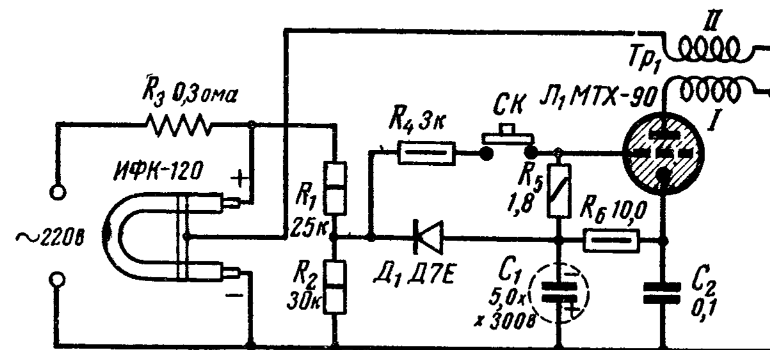


Рис. 34. Схема лампа-вспышки без накопительного конденсатора.

Благодаря применению тиратрона удается получить вспышку импульсной лампы в тот момент положительного полупериода напряжения в сети, когда оно достигает определенного значения. Тем самым обеспечивается постоянство энергии вспышки.

Так как на поджигающий электрод тиратрона поступает полуволна синусоидального напряжения, а не остроконечный импульс, поджиг лампы практически осуществляется не строго при одном и том же значении напряжения сети. Поэтому энергия вспышки каждый раз будет несколько отличаться от предыдущих, но это различие настолько мало, что с ним можно не считаться.

Сопротивление импульсной лампы в момент ее горения очень мало (порядка одного ома), следовательно, на время вспышки линия сети замыкается почти накоротко. Сетевые предохранители любого вида (плавкие вставки, термопредохранители) за время горения лампы, исчисляемое в самом худшем случае 0,005 *сек*, сработать не успевают, так как обладают значительной инерционностью действия. Длительное за-

мыкание синхроконтакта не опасно, так как при достижении времени t_2 (рис. 33) импульсная лампа погаснет, и для того чтобы ее снова поджечь, нужен новый высоковольтный импульс. Этот импульс может быть получен только после того, как при запертом тиратроне $Л_1$ произойдет заряд конденсатора C_2 и после отпирания тиратрона его разряд через первичную обмотку $Тр_1$. Запирание тиратрона может быть только после размыкания синхроконтакта $СК$.

Сопротивление R_4 служит для ограничения тока через синхроконтакт. С помощью сопротивлений R_5 и R_6 устанавливается такой режим работы тиратрона, чтобы он поджигался при достижении напряжением сети значения, немного меньшего половины амплитудного. При этом, учитывая постоянную времени цепи поджига, импульсная лампа работает наиболее четко, обеспечивая достаточную энергию вспышки.

Если вместо напряжения сети 220 *в* использовать 127 *в*, то следует подобрать делитель напряжения R_1R_2 так, чтобы тиратрон четко отпирался и запирался при замыкании и размыкании синхроконтакта. Энергия вспышки при использовании напряжения 127 *в* будет значительно ниже.

Все детали в описываемой лампе-вспышке фабричные, за исключением сопротивления R_3 и трансформатора $Тр_1$. Сопротивление R_3 выполняется из нихромовой спирали от старой электроплитки. На сопротивлении ВС-2 любого номинала наматывается 20—25 витков такой проволоки и концы ее тщательно привариваются к выводам сопротивления (можно использовать и крепление под болт).

Трансформатор $Тр_1$ намотан на эбонитовом или картонном каркасе диаметром 8 *мм* и длиной 20 *мм*. Первичная обмотка содержит 25 витков провода ПЭЛ 0,5, вторичная — 3000 витков провода ПЭЛШО 0,08. Следует тщательно изолировать вторичную обмотку от первичной с помощью нескольких слоев лакоткани или кабельной бумаги.

Конструктивно описываемая лампа-вспышка очень проста. В качестве отражателя используется обыкновенная разливательная ложка, у которой удаляется ручка. Весь монтаж собирается на гетинаксовой пластине 150×50 *мм*, которая помещается в алюминиевую трубку с внутренним диаметром 20 *мм*. Эта трубка с помощью уголков укрепляется к отражателю и служит ручкой лампы-вспышки.

Приложения

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ НЕОНОВЫХ ЛАМП

Обозначение лампы	Старое обозначение	Напряжение горения, *в*	Напряжение зажигания, *в*	Рабочий ток, *ма*	Срок службы, *час.*	Напряжение зажигания в течение срока службы (не более), *в*
ТН-0,2	МН-8	65	85	0,25	200	90
ТН-0,3	МН-5	65	150	0,3	200	155
ТН-0,5	ПН-3	55	90	0,5	300	108
ТН-0,9	ПН-1	150	200	0,9	300	205
ТН-1	ФН-2	49	140	1	100	168
МН-4	—	—	80	1,5	500	85
МН-6	—	—	60—90	0,8	100	95
МН-7	—	—	87	0,5—2	200	90
МН-11	—	—	85	4±1	20	95
МН-12	—	—	95	0,2	—	—
МН-15	—	—	220±15	0,45	—	240

Примечания. 1. Для ламп ТН-0,2, ТН-0,3 и МН-11 «плюс» питающего напряжения должен быть приложен к металлическому цоколю.

2. Лампа ТН-1 предназначена для работы на переменном токе; в таблице указаны эффективные значения тока и напряжения.

3. Значение тока для лампы МН-15 указано при наличии в цепи балластного сопротивления в 300 *ком*.

Таблица 2

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ СТАБИЛИТРОНОВ

Обозначение стабилитрона	СГ1П	СГ2П	СГ2С	СГ3С	СГ4С	СГ5Б	СГ13П	СГ15П	СГ16П	СГ21С
Напряжение зажигания (не более), *в*	175	150	105	127	180	180	175	150	130	150
Напряжение горения, *в*	143—155	104—112	70—81	105—112	145—160	142—157	143—155	104—112	80—86	86—92
Ток через стабилитрон, *ма*	5—30	5—30	5—40	5—40	5—30	5—10	5—30	5—30	5—30	4—15
Изменение напряжения горения при изменении тока в пределах нормы (не более), *в*	3,5	2,5	4,5	3,5	4,5	4	5	2	3	2,5
Долговечность, *час.*	1000	500	500	500	500	500	50	500	500	500

Таблица 3

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ ТИПА КДРТ

Обмотка			Рабочее напряжение, *в*	Рабочий ток в *ма* при напряжении, *в*					
Сопротивление, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*		6	12	24	48	110	220
31	2600	0,35	6	193	386	772	—	—	—
48	3200	0,31	6; 12	125	250	500	1000	—	—
72	4000	0,29	12	—	167	333	666	—	—
120	5150	0,25	12	—	100	200	400	—	—
280	7500	0,20	12; 24	—	43	86	171	393	—
435	9500	0,18	24	—	—	55	110	253	—
650	11400	0,16	24	—	—	37	74	170	—
2000	20000	0,12	48	—	—	—	12	55	110
4000	26000	0,10	48, 110	—	—	—	—	27,5	55
9000	40000	0,08	110	—	—	—	—	12,5	24,5
17000	57000	0,07	220	—	—	—	—	—	12,9

Таблица 4

РЕЛЕ ТИПА РП-4

Номер по каталогу	Обмотка: № обмотки	Обмотка: сопротивление, *ом*	Обмотка: число витков	Обмотка: марка провода	Обмотка: диаметр провода, *мм*	Обмотка: начало	Обмотка: конец	Ток срабатывания, *ма*
V.172.20.27/Э	I	140	1250	ПЭЛ	0,09	1	2	0,4—1,6
	II	140	1250	ПЭЛШО	0,09	3	4	—
	III	140	1250	ПЭЛ	0,09	6	7	—
	IV	140	1250	ПЭЛШО	0,09	8	7	—
	V	28	300	ПЭЛШО	0,12	9	10	3,3—13,3
	VI	28	300	ПЭЛШО	0,12	11	12	—
	VII	2250	5000	ПЭЛ	0,06	12	13	0,2—0,8
V 172 20.28/Э	I	8500	22000	ПЭЛ	0,05	1	2	0,045—0,1
	II	8500	22000	ПЭЛ	0,05	3	4	0,045—0,18
V.172.20 29/Э	I	4,5	500	ПЭЛ	0,27	1	2	0,18—0,73
	II	300	5000	ПЭЛ	0,14	3	4	—
V.172.20.30/Э	I	290	2500	ПЭЛШО	0,09	1	2	0,4—1,6
	II	290	2500	ПЭЛШО	0,09	3	4	0,2—0,8
V.172.20.31/Э	I	6000	17000	ПЭЛ	0,05	1	2	0,058—0,24
	II	6000	17000	ПЭЛ	0,05	3	4	0,058—0,24

Таблица 5

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП

Тип лампы	Номинальный режим питания: энергия вспышки, *дж*	рабочее напряжение, *в*	емкость питающего конденсатора, *мкф*	средняя мощность, *вт*	максимальный интервал между вспышками в номинальном режиме, *сек.*	Ориентировочное сопротивление лампы, *ом*	Напряжение зажигания, *в*	Напряжение самопробоя, *в*	Наименьшая световая энергия, *сек·лм.*	Ориентировочная длительность вспышки в номинальном режиме на уровне 35% максимальной силы света, *м/сек*	Срок службы в номинальном режиме, тыс. вспышек
ИФК-20	20	130	2500	2	10	0,16	100	700	200	0,2	10
ИФК-50	50	200	2500	2	10	0,32	140	1000	700	0,4	10
ИФК-120	120	300	2500	12	10	0,7	180	1000	2500	1,2	10
ИФК-500	500	500	4000	30	15	4	400	3500	10 000	8	10
ИФК-2000	2000	500	16 000	300	15	0,45	250	2000	60 000	4	5
ИФБ-300	300	300	6000	40	7,5	2,5	240	1500	5000	8	10
ИФП-200	200	500	1600	27	7,5	2	450	2000	3500	1,6	3
ИФП-1500	1500	1000	3000	100	15	6	900	4000	35 000	9	3
ИФП-500	500	500	4000	65	7,5	3,5	450	3000	12 000	7	3
ИФП-4000	4000	4000	4000	270	15	8	1300	5000	120 000	16	3
ИФП-15000	15 000	2400	5000	1250	12	1,8	1600	5000	500 000	4,5	10
ИСТ-10	0,01	500	0,08	10	0,001	1	180	1000	Средняя сила света 1 *св*	0,007	20 час.

ЛИТЕРАТУРА

В. М Большов. Электронные реле времени. М.-Л., Госэнергоиздат, 1953.

Д. Бунимович Практическая фотография. М., Госкиноиздат, 1952.

В. И. Занеев, К. К. Сонин. Электронные лампы-вспышки. М.-Л., Госэнергоиздат, 1959

А. В Гальперин. Определение фотографической экспозиции М, изд-во «Искусство», 1955.

Г. Дружинин. Реле времени. М.-Л., Госэнергоиздат, 1959.

Г. П. Петин Стабильное электронное реле времени. «Приборы и техника эксперимента», 1957, № 4.

Ю. В Шашин. Электроника в фотографии. М -Л , Госэнергоиздат, 1961.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4

Глава первая. Приборы для определения экспозиции . 5

Общие сведения 5

Фотоэкспонометр на транзисторах 6

Фотоэкспонометр для печати 10

Фотоэкспонометр с фотосопротивлением . . . 11

Автоматический фотоэкспонометр 14

Глава вторая. Приборы для автоматического отсчета выдержки 17

Принцип работы реле времени 17

Реле времени с неоновой лампой 29

Реле времени на стабилитронах 30

Реле времени с электронной лампой . . . 32

Реле времени по схеме Триггера 33

Реле времени на тиратроне 34

Тиратронное реле времени со стабилизацией зарядного напряжения 36

Тиратронное реле времени со стабилизацией напряжения питания 37

Глава третья. Импульсные осветительные приборы . 39

Принцип действия импульсных осветительных приборов 39

Преобразователь на одном транзисторе 42

Преобразователь на двух транзисторах . . . 44

Лампа-вспышка с автоматическим подзарядом конденсатора 47

Лампа-вспышка с питанием от сети . . . 51

Лампа-вспышка без накопительного конденсатора 53

Приложения 57

Литература 62

Авторы

ЭДУАРД ПАВЛОВИЧ БОРНОВОЛОКОВ
ЛЕОНТИЙ ИВАНОВИЧ СВЕТЛАКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ФОТОЛЮБИТЕЛЯ

Редакторы *А. Якобсон, О. Соколов*
Худож. редактор *Р. Варшамов*
Техн. редактор. *А. Назарова*
Корректор *А. Пузакова*

Сдано в набор 31.8 1963 г. Подписано к печати 23.10 1963 г. Изд. № 202.
Формат бум. 60×90^{1}$_{16}$. Бум. л. 2,0 Печ. л. 4,0 Уч.-изд. л. 3,44
А 04448. Цена 10 коп. Тираж 70000 Заказ 2430.
Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.